

都市内における土地利用の
秩序性の計量的表現に関する
研究

昭和61年11月

新潟大学工学部建築学科

玉川英則

2315

はじめに 又は 感謝の言葉

本論文を何とかこのような形でまとめることができたのは、実に多くの方々から頂いた御指導と御協力のおかげである。

東京大学都市工学科の下総薫教授は、私が同大学大学院在学当時の直接の指導教官であり、その博識と才覚で広汎な学問的利激を与えて下さった。本論文を進めるにあたっては、私の問題意識、興味対象といったものを十分に御理解頂いた上で、ともすれば、いささか分裂症的で、とりとめもなく多方面に走り出してしまふような性向を何度も軌道修正して頂き、完成に到るまでの道筋を啓蒙して頂いた。先生の御指導がなければ、論文をまとめる、という作業の入口にさえ到らなかつたのではないかと思う。改めて深くお礼申し上げる次第である。

一方、本論文に関して、理論的あるいは学術的な側面で、多くのことを御指導頂いたのが、やはり同都市工学科の岡部助教授である。先生は、私が大学院修士課程入学と同時に現職に着任され、それ以来、参考とすべき文献から論文の記述の形式に到るまで、徹に入り、細に入り教えて頂いた。私が、ここ新潟に移ってから、論文を書き進めるペースメーカーとなっていたのは、先生から折に触れ頂く電話であり、こういった御指導と激励がなければ、本論文は完成の日々も見ることがなかつたであろう。上京の際、お世話頂いた

御夫人の佳代さんともども、感謝に堪えない。

下総・岡部研究室の知的でかつ明るいうーどは両先生に負う所が大きい。助手の合田先生や当時博士課程在学中の三木さん（ミサワホーム総合研究所）をはじめとする先輩諸兄、学部・修士課程の同期生、西川（国土庁）、久米（三菱総合研究所）の両君、さらには有能な後輩諸氏によ、こ作らふてきたことも否定できないであろう。このような雰囲気の中で博士課程の途中まで研究に勤しめたことは幸せであった。交わりを拝、お方々すべてに感謝する。

ところでこの論文に関して忘れてらるうないのは、土地利用のポイントサンプリングデータを作成する際のアルバイトの方々の活躍である。決して良い時給とは言えない条件の下で、粘り強い作業を結んでくれた御座の水女子大山寮のメンバー並びに東京女子大学内寮のメンバー（昭和57年当時）に心から感謝する。気の遠くなるような膨大なデータを手に入れることができたのは、こ方々のおかげである。

そして、最後にな、れが、現在の私の職場である、新潟大学建築学科のスタッフの方々にも、私はお礼を申し上げねばならない。新しい所へ移、こ3年足らずであるが、その間、私に対するロードを極力軽くし、本論文に集中できる状態を作、て頂いた。折あるごとに励まし、暖かく見守、て頂いたことは、感謝の極みである。

1986年 11月

玉川英剛

目 次

	頁
第 1 章 . 序文	… 1
1-1 . 都市問題と土地利用の秩序性	… 2
1-2 . 土地利用の秩序性の表現方法	… 4
1-3 . ケーススタディで扱うデータについて	… 8
第 1 章参考文献	… 14
第 2 章 . 都市の土地利用のマ クロな秩序性 : 同質地域の 同定とその変化の分析	… 15
2-1 . 都市の内部構造の計量的表現に関する既存研究 : 因子生態 研究とその周辺	… 16
2-2 . 土地利用分析における因子分析法の問題点	… 24
2-3 . クラスタ分析による同質地域の抽出並びに判別分析によ る同質地域の変化の分析	… 38
2-3-1 . クラスタリング手法と基準値の選択	… 39
2-3-2 . 同質地域の比較検討のための判別分析手法	… 47
2-4 . 高崎市及び東京都区部におけるケーススタディ	… 54
2-4-1 . 高崎市全域における土地利用パターンとその変化	… 54
2-4-2 . 高崎市・昭和35年D I D内における土地利用パター ンとその変化	… 59
2-4-3 . 高崎市の土地利用パターンと東京23区の土地利用パ ターンの比較分析	… 62
2-5 . 第 2 章の終わりに	… 72
第 2 章補注	… 74
第 2 章参考文献	… 78

第3章．都市の土地利用のミ クロな秩序性：集塊性・隣 接性の分析	… 81
3-1．種々の概念及びそれらに関する理論的考察	… 82
3-1-1．CLUMP	… 82
3-1-2．JOIN	… 97
3-1-3．エントロピーと情報量尺度	…116
3-1-4．CLUMP、JOIN、エントロピーの相互関係	…122
3-2．同種用途の集塊性の分析	…130
3-2-1．高崎市全域における土地利用の集塊性とその変化	…132
3-2-2．高崎市・昭和35年D I D内における土地利用の集塊 性とその変化	…145
3-2-3．高崎市・昭和35年D I D内（昭和54年時点）と東京 区部（昭和56年時点）の土地利用の集塊性の比較	…156
3-3．異種用途間の隣接性の分析	…162
3-3-1．高崎市全域における土地利用用途間の隣接性とその 変化	…162
3-3-2．高崎市・昭和35年D I D内における土地利用用途間 の隣接性とその変化	…171
3-3-3．高崎市・昭和35年D I D内（昭和54年時点）と東京区部 （昭和56年時点）の土地利用用途間の隣接性の比較	…181
3-4．全用途間の秩序性の分析	…187
3-5．第3章のおわりに	…192
第3章補注	…195
第3章参考文献	…199
 第4章．結章	…201
4-1．解析手法の有効性に関する結論と今後の課題	…202
4-1-1．土地利用のデータ構造と同質地域の抽出に関して	…202
4-1-2．集塊性・隣接性の分析指標に関して	…206
4-2．ケーススタディからの知見のまとめ	…211
4-3．都市の内部構造理論の展開に向けて	…214
第4章参考文献	…219

図表目次

	頁
表 1 - 1 . 土地利用比率の平均値 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ) …	4
表 1 - 2 . 土地利用比率の平均値 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ) …	4
図 1 - 1 . 高崎市・昭和45年の住居地域の図 …	6
図 1 - 2 . 高崎市・昭和54年の住居地域の図 …	6
図 1 - 3 . 三角グラフの例 (東京都港区に属する500mメッシュについて) …	7
図 1 - 4 . 三角グラフで区別できない土地利用の例 …	7
図 1 - 5 . 高崎市域、昭和35年 D I D の概形と500mメッシュ …	9
図 1 - 6 . セルメッシュ型データの一般形 …	9
表 1 - 3 . 東京都区部 (昭和56年) のデータの土地利用カテゴリー …	11
表 1 - 4 . 高崎市と東京都の土地利用カテゴリーの整合 …	12
図 1 - 7 . 東京都区部の概形と500mメッシュ …	13
図 2 - 1 . 因子生態学的方法に関する手順を示すフロー図 (文献 5 pp.204 Figure 6.3を筆者が訳したもの) …	18
表 2 - 1 . 都市内の空間パターンの分散分析 (文献 13 pp.249-251 Table 7.1 を筆者が訳したもの) …	21
表 2 - 2 . ホァンガレイにおける因子分析 (文献 5 pp.205-6 より) …	25
表 2 - 3 . 高崎市における土地利用の因子分析 (1970年) …	26
表 2 - 4 . 表 2 - 2 . の変量間の相関係数 (文献 5 pp.205-6 より) …	29
表 2 - 5 . 表 2 - 3 . の変量間の相関係数 …	29
図 2 - 2 . ホァンガレイの分析に使われた各変量の頻度分布 (文献 5 pp.209 より) …	30
図 2 - 3 . 高崎市の土地利用分析に使われた各変量の頻度分布 …	31
図 2 - 4 . 変量間の散布図 …	33
図 2 - 5 . 2次元分布の3つのパターン …	35
表 2 - 6 . 表 2 - 3 . の変量間の偏相関係数 …	36
図 2 - 6 . 高崎市域 500mメッシュ、昭和45年 1st best のクラスター …	43
表 2 - 7 . クラスター別平均土地利用比率 (%) (昭和45年 1st best) …	43
図 2 - 7 . クラスター数評価基準指標の動き (高崎市域 昭和45年) …	46
図 2 - 8 . クラスター分けと2群判別の模式図 (グループ数 = 3 の例) …	49
表 2 - 8 . 複数の2群判別関数によるグループ分けの方法 (グループ数 = 6 の例) …	51

表 2 - 9 . 判別前後の群別メッシュ数と構成比 (%)	
: 多群判別の場合 (昭和45年 1st best)	... 52
表 2 - 10 . 判別前後の群別メッシュ数と構成比 (%)	
: 2群判別の場合 (昭和45年 1st best)	... 52
図 2 - 9 . 昭和45年、1st bestの地域分類	... 55
表 2 - 11 . グループ別平均土地利用比率 (%) (昭和45年 1st best)	... 55
図 2 - 10 . 昭和54年、1st bestの地域分類	... 55
表 2 - 12 . グループ別平均土地利用比率 (%) (昭和54年 1st best)	... 55
図 2 - 11 . 昭和45年、2nd bestの地域分類	... 57
表 2 - 13 . グループ別平均土地利用比率 (%) (昭和45年 2nd best)	... 57
図 2 - 12 . 昭和54年、2nd bestの地域分類	... 57
表 2 - 14 . グループ別平均土地利用比率 (%) (昭和54年 2nd best)	... 57
図 2 - 13 . 昭和35年 D I D 内昭和45年土地利用による地域分類	... 61
表 2 - 15 . グループ別平均土地利用比率 (%)	
(昭和35年 D I D 内の昭和45年土地利用比率 1st best)	... 61
図 2 - 14 . 昭和35年 D I D 内昭和54年土地利用による地域分類	... 61
表 2 - 16 . グループ別平均土地利用比率 (%)	
(昭和35年 D I D 内の昭和54年土地利用比率 1st best)	... 61
図 2 - 15 . 高崎市域・1st best の基準で分けた東京区部	... 64
表 2 - 17 . グループ別平均土地利用比率 (%)	
(高崎市域・1st best の基準で昭和56年東京区部を分けたもの)	... 64
図 2 - 16 . 高崎市域・2nd best の基準で分けた東京区部	... 65
表 2 - 18 . グループ別平均土地利用比率 (%)	
(高崎市域・2nd best の基準で昭和56年東京区部を分けたもの)	... 65
図 2 - 17 . 高崎市昭和35年 D I D 内・1st best の基準で分けた東京 区部	... 67
表 2 - 19 . グループ別平均土地利用比率 (%)	
(高崎市昭和35年 D I D 内・1st best の基準で昭和56年東京区部 を分けたもの)	... 67
図 2 - 18 . 東京区部・昭和56年土地利用の1st best のクラスター	... 69
表 2 - 20 . クラスター別平均土地利用比率 (%)	
(東京区部 昭和56年 1st best)	... 70
図 2 - 19 . 東京区部・昭和56年土地利用の2nd best のクラスター	... 71
表 2 - 21 . グループ別平均土地利用比率 (%)	
(東京区部 昭和56年 2nd best)	... 71

図 3 - 1 . メッシュ図形における CLUMP の概念	… 82
図 3 - 2 . 生起確率 p と CLUMP 数の期待値 C の関係 (全セル数 = 100)	… 84
図 3 - 3 . CLUMP 規模別に見た CLUMP 数の期待の計算過程 (その 1) ~ (その 4)	… 87
図 3 - 4 . 周辺の影響を考慮しない場合 (A) とした場合 (B) とでの 規模別 CLUMP 数の期待値の比較 (全セル数 = 400)	… 94
図 3 - 5 . 総 CLUMP 数の期待値の存在範囲 (全セル数 = 400)	… 96
図 3 - 6 . JOIN の概念	… 97
図 3 - 7 . 各 JOIN と変数 x の対応	… 100
図 3 - 8 . JOIN 相互の位置関係と記号 “~”	… 101
図 3 - 9 . μ_3 に関与するパターンと項との対応	… 105
図 3 - 10 . μ_4 に関与するパターンと項との対応	… 108
表 3 - 1 . サンプル数と黒 - 黒 JOIN の分布形指標に関する シュミレーション結果	… 112
表 3 - 2 . メッシュ規模と黒 - 黒 JOIN の分布形指標に関する シュミレーション結果	… 113
表 3 - 3 . 生起確率と黒 - 黒 JOIN の分布形指標に関する シュミレーション結果	… 114
表 3 - 4 . 生起確率と黒 - 白 JOIN の分布形指標に関する シュミレーション結果	… 114
図 3 - 11 . JOIN の頻度分布の例	… 115
図 3 - 12 . 4 種類の生起確率系に対する H_1 , R_1	… 117
図 3 - 13 . 4 種類のパターンに対する H , R , I , S	… 119
図 3 - 14 . セル、JOIN、CYCLE、CLUMP の関係の実例	… 123
図 3 - 15 . 10セル×10セル , $P_B = P_W = 0.5$ のパターンの実例 (文献 16 pp.32より)	… 125
図 3 - 16 . 3 種類の生起確率系に対する Z_{BB} と R の関係 (文献 16 pp.37より)	… 125
図 3 - 17 . メッシュからトーラスの作成	… 126
表 3 - 5 . 土地利用比率の平均値 (高崎市 昭和 45年 500mメッシュ)	… 133
表 3 - 6 . 土地利用比率の標準偏差 (高崎市昭和 45年 500mメッシュ)	… 133
表 3 - 7 . 土地利用比率の平均値 (高崎市 昭和 54年 500mメッシュ)	… 133
表 3 - 8 . 土地利用比率の標準偏差 (高崎市昭和 54年 500mメッシュ)	… 133

表 3 - 9 . 平均クランプ規模の実数と期待値 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ 1個当り)	…134
表 3 - 10 . クランプ規模別クランプ数の実数と期待値 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ 1個当り)	…134
表 3 - 11 . 平均クランプ規模の実数と期待値 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ 1個当り)	…135
表 3 - 12 . クランプ規模別クランプ数の実数と期待値 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ 1個当り)	…135
表 3 - 13 . 同種用途間 J O I N 数の平均値 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…136
表 3 - 14 . 同種用途間 J O I N 数の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…136
表 3 - 15 . 同種用途間 J O I N 数の平均値 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…136
表 3 - 16 . 同種用途間 J O I N 数の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…136
表 3 - 17 . 同種用途間 JOIN のクラス値の平均値 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…137
表 3 - 18 . 同種用途間 JOIN のクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…137
表 3 - 19 . 同種用途間 JOIN のクラス値の平均値 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…137
表 3 - 20 . 同種用途間 JOIN のクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…137
表 3 - 21 . クランプ規模別セル数に関する χ^2 検定結果 (高崎市全域)	…139
表 3 - 22 . 同種用途の集塊状態を示す指標の変化パターン と用途の関係 (高崎市 昭和45年→54年)	…140
図 3 - 18 . 高崎市全域での住-住 J O I N のクラス値の分布	…143
図 3 - 19 . 高崎市全域での農-農 J O I N のクラス値の分布	…144
表 3 - 23 . 土地利用比率の平均値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ)	…146
表 3 - 24 . 土地利用比率の標準偏差 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ)	…146
表 3 - 25 . 土地利用比率の平均値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ)	…146

表 3 - 26 . 土地利用比率の標準偏差 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ)	…146
表 3 - 27 . 平均クランプ規模の実数と期待値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ 1個当り)	…147
表 3 - 28 . クランプ規模別クランプ数の実数と期待値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ 1個当り)	…147
表 3 - 29 . 平均クランプ規模の実数と期待値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ 1個当り)	…148
表 3 - 30 . クランプ規模別クランプ数の実数と期待値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ 1個当り)	…148
表 3 - 31 . 同種用途間 J O I N 数の平均値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ)	…149
表 3 - 32 . 同種用途間 J O I N 数の標準偏差 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ)	…149
表 3 - 33 . 同種用途間 J O I N 数の平均値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ)	…149
表 3 - 34 . 同種用途間 J O I N 数の標準偏差 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ)	…149
表 3 - 35 . 同種用途間 JOIN のクラス値の平均値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ)	…150
表 3 - 36 . 同種用途間 JOIN のクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ)	…150
表 3 - 37 . 同種用途間 JOIN のクラス値の平均値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ)	…150
表 3 - 38 . 同種用途間 JOIN のクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ)	…150
表 3 - 39 . クランプ規模別セル数に関する χ^2 検定結果 (高崎市 昭和35年 D I D 内)	…152
表 3 - 40 . 同種用途の集塊状態を示す指標の変化パターンと 用途の関係 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 → 54年)	…153
図 3 - 20 . 高崎市・昭和35年 D I D 内に属する 500mメッシュ毎の商 - 商 JOIN の実数	…155
図 3 - 21 . 高崎市・昭和35年 D I D 内に属する 500mメッシュ毎の商 - 商 JOIN のクラス値	…155

表 3 - 41 . 土地利用比率の平均値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…157
表 3 - 42 . 土地利用比率の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…157
表 3 - 43 . 平均クランプ規模の実数と期待値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ 1個当り)	…158
表 3 - 44 . クランプ規模別クランプ数の実数と期待値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ 1個当り)	…158
表 3 - 45 . 同種用途間 J O I N 数の平均値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…159
表 3 - 46 . 同種用途間 J O I N 数の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…159
表 3 - 47 . 同種用途間 JOIN のクラス値の平均値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…159
表 3 - 48 . 同種用途間 JOIN のクラス値の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…159
表 3 - 49 . クランプ規模別セル数に関する χ^2 検定結果 (高崎市昭和35年 D I D 内と東京区部)	…160
表 3 - 50 . 同種用途の集塊状態を示す指標の変化パターンと用途の関係 (高崎市昭和35年 D I D 内昭和54年→東京区部昭和56年)	…161
表 3 - 51 . 用途間 J O I N 数の平均値 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…163
表 3 - 52 . 用途間 J O I N 数の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…163
表 3 - 53 . 用途間 J O I N 数の平均値 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…164
表 3 - 54 . 用途間 J O I N 数の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…164
表 3 - 55 . 用途間 JOIN のクラス値の平均値 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…165
表 3 - 56 . 用途間 JOIN のクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…165
表 3 - 57 . 用途間 JOIN のクラス値の平均値 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…166

表 3 - 58. 用途間JOINのクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…166
表 3 - 59. 異種用途の隣接状態を示す指標の年度間・都市間での 変化パターンと用途の関係 (高崎市昭和45年→54年)	…168
図 3 - 22. 高崎市全域での農-未JOINのクラス値の分布	…170
表 3 - 60. 用途間JOIN数の平均値 (高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500mメッシュ)	…172
表 3 - 61. 用途間JOIN数の標準偏差 (高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500mメッシュ)	…172
表 3 - 62. 用途間JOIN数の平均値 (高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500mメッシュ)	…173
表 3 - 63. 用途間JOIN数の標準偏差 (高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500mメッシュ)	…173
表 3 - 64. 用途間JOINのクラス値の平均値 (高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500mメッシュ)	…174
表 3 - 65. 用途間JOINのクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500mメッシュ)	…174
表 3 - 66. 用途間JOINのクラス値の平均値 (高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500mメッシュ)	…175
表 3 - 67. 用途間JOINのクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500mメッシュ)	…175
表 3 - 68. 異種用途の隣接状態を示す指標の年度間・都市間での変化パ ターンと用途の関係 (高崎市昭和35年D I D内 昭和45年→54年)	…176
図 3 - 23. 高崎市・昭和35年D I D内に属する 500mメッシュ毎の 住-商JOINの実数	…178
図 3 - 24. 高崎市・昭和35年D I D内に属する 500mメッシュ毎の 住-商JOINのクラス値	…178
図 3 - 25. 昭和35年D I D内の商-商JOINの動向を支配している 4メッシュの商JOINの動向による分類	…178
図 3 - 26. ポイントサンプリングデータから抽出した住居用地(・)と 商業用地(X) (高崎市・昭和35年D I D内 昭和45年)	…179
図 3 - 27. ポイントサンプリングデータから抽出した住居用地(・)と 商業用地(X) (高崎市・昭和35年D I D内 昭和54年)	…180
表 3 - 69. 用途間JOIN数の平均値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…182

表 3 - 70. 用途間 J O I N 数の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…182
表 3 - 71. 用途間 JOIN のクラス値の平均値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…183
表 3 - 72. 用途間 JOIN のクラス値の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…183
表 3 - 73. 異種用途の隣接状態を示す指標の年度間・都市間での変化 パターンと用途の関係 (高崎市昭和35年 D I D 内昭和54年→東京区部昭和56年)	…184
図 3 - 28. 東京区部 (昭和56年) での商 - 未 J O I N の実数の分布	…185
図 3 - 29. 東京区部 (昭和56年) での商 - 未 J O I N のクラス値の分布	…185
表 3 - 74. エントロピー関連数値の平均値 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…188
表 3 - 75. エントロピー関連数値の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500mメッシュ)	…188
表 3 - 76. エントロピー関連数値の平均値 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…188
表 3 - 77. エントロピー関連数値の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500mメッシュ)	…188
表 3 - 78. エントロピー関連数値の平均値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ)	…189
表 3 - 79. エントロピー関連数値の標準偏差 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和45年 500mメッシュ)	…189
表 3 - 80. エントロピー関連数値の平均値 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ)	…189
表 3 - 81. エントロピー関連数値の標準偏差 (高崎市 昭和35年 D I D 内 昭和54年 500mメッシュ)	…189
表 3 - 82. エントロピー関連数値の平均値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…190
表 3 - 83. エントロピー関連数値の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)	…190
図 3 - 補 1 . 黒 - 黒 J O I N の実数が等しい 2 種類のパターンに対する 諸指標の値	…197
図 3 - 補 2 . J O I N の実数の大小と J O I N のクラス値の大小が 逆転する例	…198

図 4 - 1 . トーマス法による新潟市の地域分類 (各マス目は500mメッシュ) (文献2 pp.13 より)	…204
図 4 - 2 . 秩序性を持った2種類のパターンに対する S_{1t} と S_{2t}	…207
図 4 - 3 . lag の大きさと情報類似度 S の関係 (高崎市全域 25mセルデータについて)	…208
図 4 - 4 . 「ゆるやかな秩序性」の計量のイメージ	…209
表 4 - 1 . 5指標によるエリアの分類	…216
図 4 - 5 . 高崎市における5エリア分類と4ゾーン区分 (昭和50年→昭和55年)	…216

第 1 章 . 序文

1 - 1 . 都市問題と土地利用の秩序性

1 - 2 . 土地利用の秩序性の表現方法

1 - 3 . ケーススタディで扱うデータについて

第 1 章参考文献

1 - 1、都市問題と土地利用の秩序性

都市問題は一般的にきわめて多様であると言われる。その所似はいろいろあろうが、一つには問題となる対象が様々であることが挙げられよう。その中でも土地利用の秩序性を原因とする、又は、その結果が土地利用パターンに具現する、あるいは少なくとも何らかの意味で土地利用の秩序に絡む問題というのは非常に多いのではないだろうか。例えば、都市の内部において何らかの経済的な或いは社会的な変化が進行している場合、土地利用パターンにその変化が現出すると考えるのは自然なことであり、又、異なった土地利用が混在している場合、何らかの軋轢（例えば、住宅と農地、住宅と工場など）が起こってくるのが考えられよう。

こういふ問題に何らかの裁定を加え、その解決を目指すことは確かに大切である。だが、その前に、まず都市内の土地利用の秩序性の現況 — 都市構造を形づくる全体のパターンや、用途の塊まり具合、あるいは用途間の混在の度合 — に対する理解を深めることが有効な対策への近道ともなり得るだろう。ところで、現状の土地利用の状況というものを我々はどれほど理解しているだろうか。都市計画を考える上で、土地利用は人口と並んで重要な調査項目とされている。しかしその割には、両者の研究の蓄積の度合にはかなりの大きな開きがあるように思える。その理由としては、土地利用の

場合詳細なデータが今までなかなか得られにくかった、ということが主たるものであつたと言えるのではないだろうか。

そのような中で、近年、東京都においては25mの格子点を区部全域に約100万個落としたポイントサンプリングデータ(調査時点:昭和56年)が作成され¹⁾、建設省国土地理院においては首都圏宅地動向調査の中で、東京60km圏についての土地利用を2時点(昭和49年及び54年)で調べた10m格子の膨大なデータが作られてきている²⁾。その他、地方自治体でも都市内の土地・建物についてのデータ作成とその蓄積の電算化が進みつつある(例えば、西宮市、我孫子市等)。こうしたデータベース整備の方向とリンクして、解析技術の方も、何らかの新しい試みがなされるべき時期であろう。膨大なデータをいたずらに弄ぶことなく、情報を簡明に縮約する方法が望まれていると言えよう。このような背景のもと、都市の土地利用から見た内部構造、あるいは土地利用の形態としての秩序性に関して、何らかの客観的分析ができないか、ということがこの論文の出発点となっている。

1-2. 土地利用の秩序性の表現方法

土地利用というと、まずその比率で論じられることが多い。確かにそれはそれで重要な概念であることに間違いはないのだが、都市内の土地利用パターンというものを分析する際には、何らかの加工が必要となることも確かであろう。例えば、表1-1に群馬県高崎市の昭和45年の土地利用比率、表1-2に同じく昭和54年の土地利用比率（データの作成方法、カテゴリーの設定については次節を参照）を掲げる。これによれば、住居用地、商業用地等都市的用途の比率が9年間で伸び、逆に農業用地、山林・原野等の比率が減っているとい、た傾向がわかる。しかしながら、それが土地利用分布のパターンとして、或いは、土地利用の集合状態（グレインヤ用途混在の状態）としてどのように変化しているかということは、この表からのみでは明らかにはならない。

表1-1. 土地利用比率の平均値（高崎市 昭和45年 500m メッシュ）

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	13.6	2.4	4.0	3.2	48.3	0.6	6.5	0.7	2.5	2.0	15.7

表1-2. 土地利用比率の平均値（高崎市 昭和54年 500m メッシュ）

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	18.1	3.1	4.0	4.6	37.4	1.2	9.4	0.7	2.4	2.8	15.2

このような比率のみではわからないことを補うためには、いわゆる土地利用図がある場合には、それを観察するのが近道であろう。例えば図1-1、2(次頁)に示すように、高崎市の兩年度の住居用地を塗りつぶした図を見れば、確かにパターンは直観的に把握できる。すなわち、住居用地の市域周辺部の拡大の様子と、中心部近くでも若干増加している地区があることが見てとれる。しかしそれを、他の用途の比率も考慮して包括的に、かつ恣意的な表現に頼らずに表現するには解析的な工夫を必要とすると言えよう。

また、用途のグレインの状況、用途混在のありさまについても、いくぶん客観性を持たせた方法として図1-3のような代表的用途による三角グラフを作成するということがあるが、これとて、図1-4のようなパターンの違い(三角グラフでは同じ点で出る)を示すには致らないと言える。

このように、広域の土地利用のパターンを客観的に捉えること、並びに用途のグレイン、混在状態のミクロな特徴をつかまえること、といった点は、土地利用形態の秩序性を実態に即して扱う場合に考えていかねばならない事柄と言、こまいたろう。本論の第二章は前者の問題について、第三章は後者の問題について、計量的に対応していくためのある種の方向性を探っていったプロセスである。

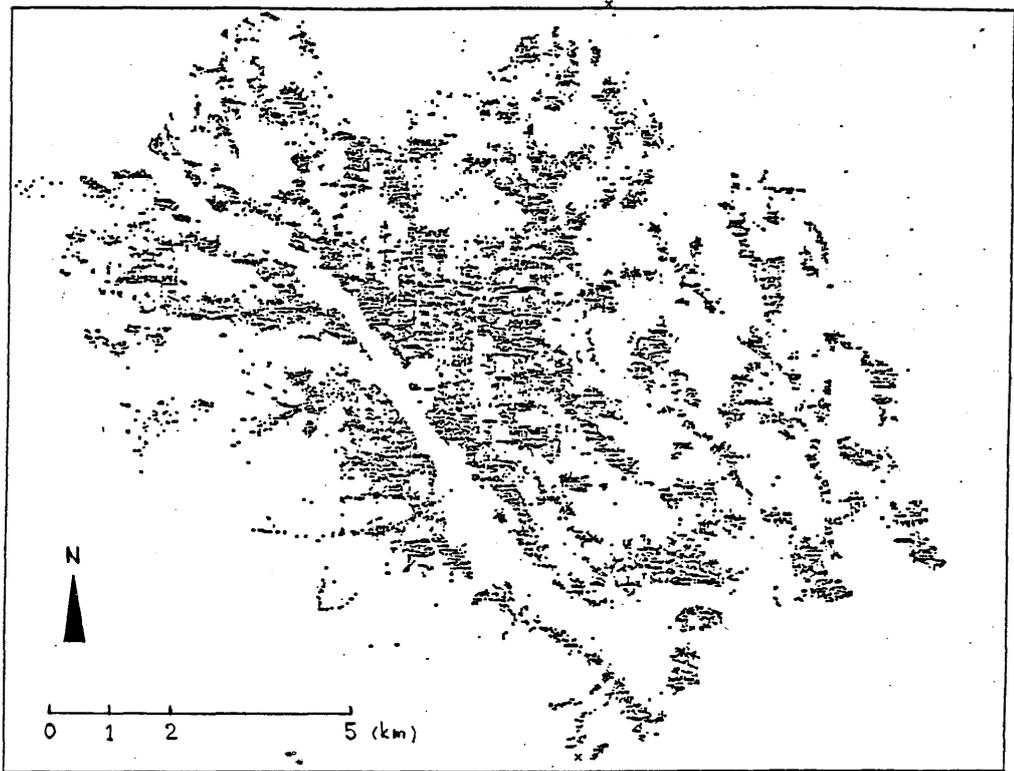


図 1 - 1 . 高崎市・昭和45年の住居地域の図

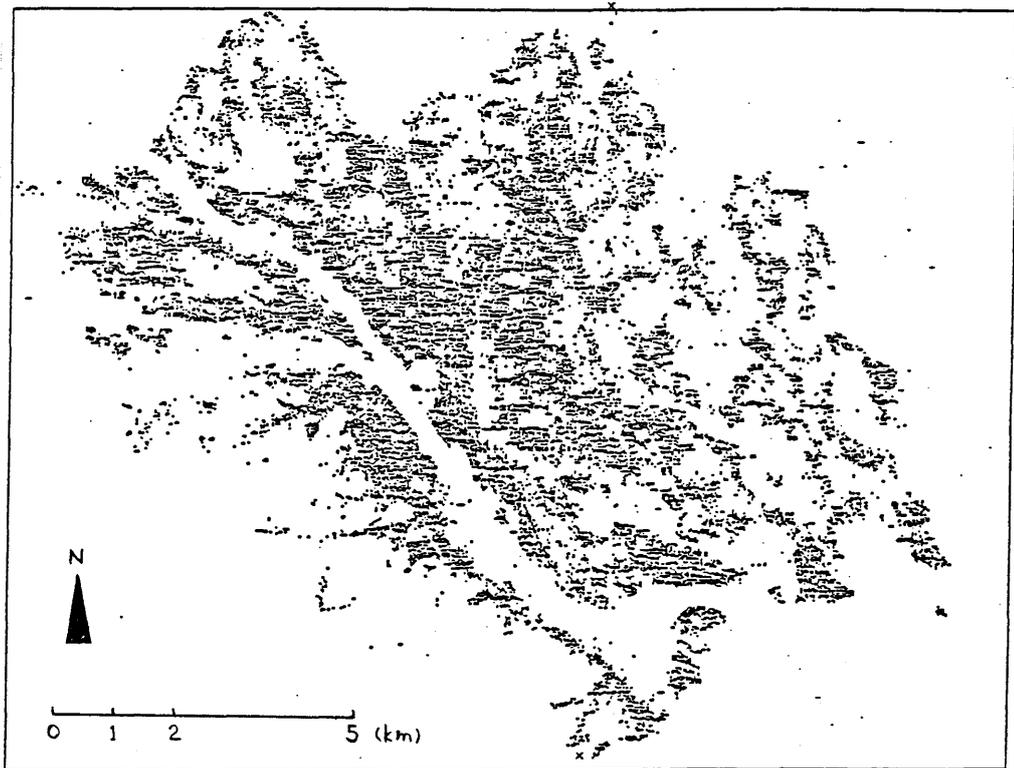


図 1 - 2 . 高崎市・昭和54年の住居地域の図

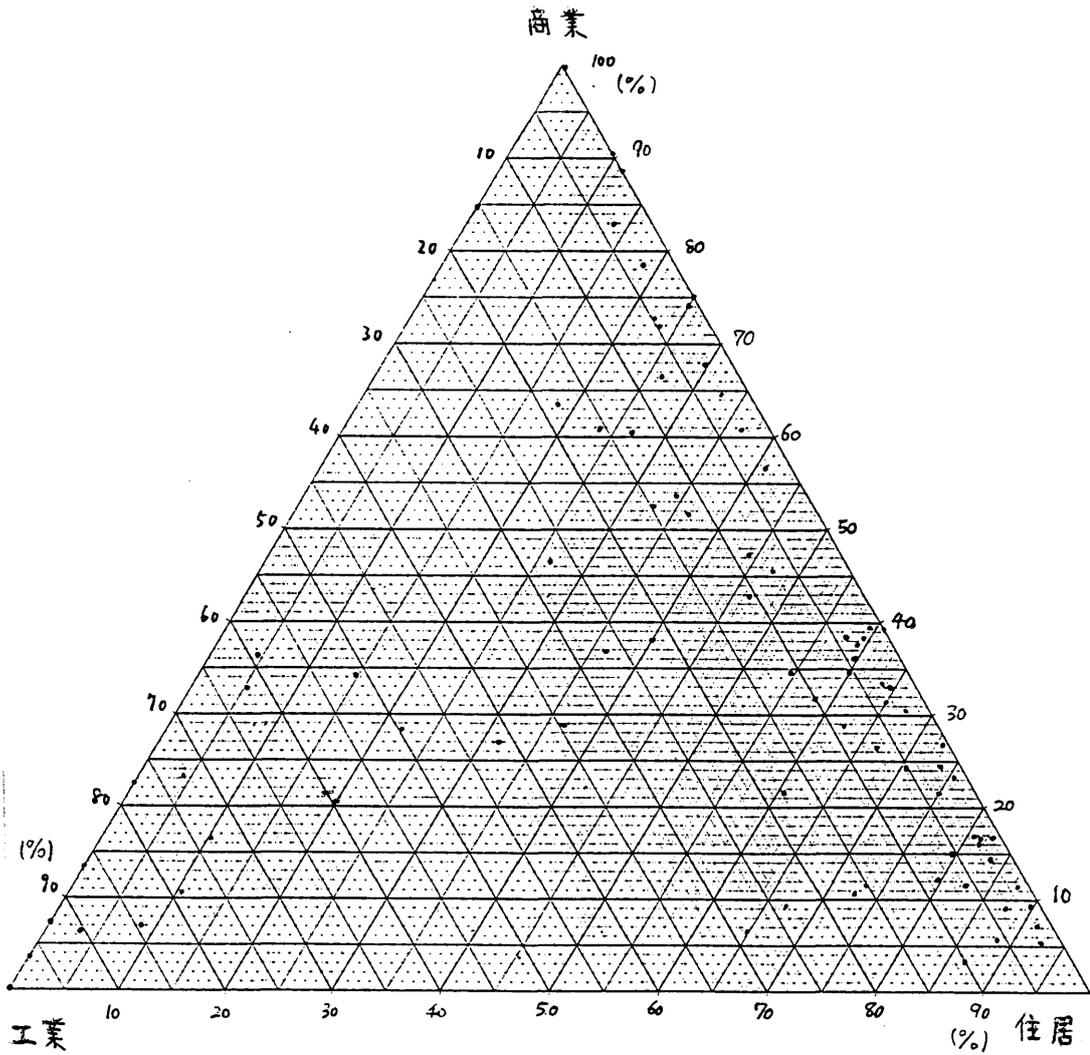


図 1 - 3 . 三角グラフの例 (東京都港区に属する500メッシュについて)



図 1 - 4 . 三角グラフで区別できない土地利用の例

1-3. ケーススタディで扱うデータについて

序論の最後として、本論文のケーススタディで扱うデータについて述べておこう。それは、高崎市（昭和45年、54年の2時点）、東京都西部（昭和56年）における土地利用のカテゴリカルなポイントサンプリングデータである。前述のように既存の土地利用データが少ないという事情から、資料を入手する機会に恵まれたこの2都市に限定せざるを得なかった。しかしながら、前者は、宿場町から発展し、交通の要衝としての役割を担っている北関東の中核都市であり、後者は首都圏の中核地域である、といった意味付けは可能と言えよう。

さて、まず、高崎市の土地利用データは、同市都市計画課において昭和45年と54年に行なわれた都市計画基礎調査の中の「建物用途現況図」（両時点とも高崎市全域が、 $1/2,500$ の地図（ $80\text{cm} \times 60\text{cm}$ ）52枚に分割され、個々の建物毎に用途別の色分けがなされている）が基礎資料である。これを用いて、昭和57年の2月から2月にかけて、東京大学都市工学科下総・岡部研究室（当時、筆者は大学院生として在籍）において、システムティックサンプリングが行なわれた。すなわち、サンプリングポイントとして、25m間隔の格子点を地図上に落とし、「建物用途現況図」の建物の塗り分けにより、各点の土地利用（農地等を除いて、建物上に落ちた点について

は、同一敷地内にある建物の用途と同一視する)を読みと、とりわけである。土地利用のカテゴリ-は、両年度の建物用途現況図の塗り分けの違いを考慮して整合をはか、た結果、表1-4 (pp.12)の左の欄に示すような12個となった。このようにして全市域にわたる25m格子(サンプル点数は各時点約18万個となる)の土地利用カテゴリ-データが得られる。次いで、市全域を500mメッシュに区切り、メッシュ1個に含

まれる400個のサンプル点(市域の周辺等でポイント数が400個に満たないメッシュは分析の対象から除く)から当該メッシュの土地利用比率を算出する。昭和45年の市域及びケーススタディで話題と

する昭和35年D I
ラインと500m
メッシュの関係は、
図1-5に示す如

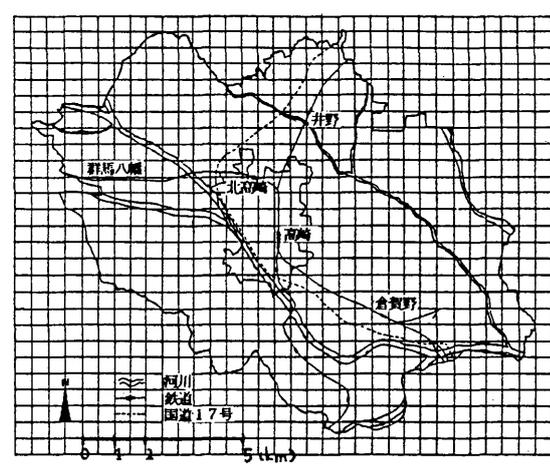


図1-5 . 高崎市域、昭和35年D I Dの概形と500mメッシュ

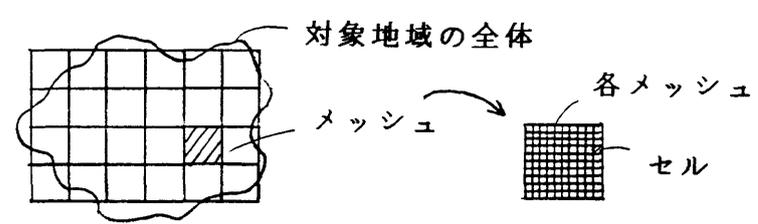


図1-6 . セル-メッシュ型データの一般形

くである(メッシュの数は、昭和45年が376個、54年は若干市域が変更されたため379個となる)。なお、このようにして作成されたデータを「セル-メッシュ型データ」* (今の場合、25mセル-500mメッシュ型データ)と呼ぶことにする(図1-6参照)。

次に、東京都のデータは、第1節でも触れたように、東京都都市計画局地域計画部土地利用計画課により昭和56年の東京都区部の土地利用について調べられた、やはり25mセル-500mメッシュ型のデータである。これは、東京都土地利用現況調査事業³⁾として行なわれたもので、高崎の場合と同じように、1/2,500の土地利用現況図がまず作成され、それをもとに同局同課で25mのポイントサンプリングを経て500mメッシュデータが作られている(土地利用カテゴリはばかりでなく、建物高さや建物構造も網羅されており、利用価値が高いものとなっている)。この磁器テープを借用し、分析に用いることにした。但し、このデータのカテゴリは表1-3(次頁)に示したように高崎市におけるサンプリングのものと若干異なっているため、表1-4のように両カテゴリの整合をあらかじめとっておいた。また、高崎市の場合と同様に、500mメッシュデータを用いる場合、区域周辺等の不完全な(25mポイントが400個にならない)メッシュは除くことにする。区部に含まれる全体のメッシュ数は、2323個(ポイント数にして90万個余り)となる。東

*) メッシュの中の個々のサンプリング点はむしろ「ポイント」という語の方が実態に即しているが、メッシュ内の小単位としては一般に「セル」という用語が採用されているのでメッシュと並立させる場合にはこちらを用いることにする。

表 1 - 3 . 東京都区部 (昭和56年) のデータの土地利用カテゴリー
(文献 3 pp. 2-7 より)

記号	色表示	凡	例
G		官 公 庁 施 設 Government	官公署及び出先機関、大公使館、郵便局、電信電話局、警察署、消防署
E		教 育 文 化 施 設 Education	幼稚園、小中学校、高校、大学、各種学校、美術館、博物館、公会堂、研修所、研究所、寺社、教会、町内会館
W		厚 生 医 療 施 設 Welfare	病院、保健所、養老院、福祉施設、保育園、託児所
U		供 給 処 理 施 設 Utilities	ごみ焼却場、汚物処理場、火葬場、発電変電所(鉄道関連を除く)上下水道施設、都市ガス、供給施設、と畜場、卸売市場、等の都市計画関連施設
O		事 務 所 建 築 物 Office	専用品務所(管理人住宅は可)証券会社、放送局、新聞社、計算センター、銀行等
D		専 用 商 業 施 設 等 Department Store	専用品商業施設(住宅を含まないもの)、デパート、スーパーストア、クレジットカードデパート、サウナ、公衆浴場、ガソリンスタンド、一般店舗で住居部分を持たないもの
S		住 商 併 用 建 物 Shop	住居併用店舗、事務所(小売店、飲食店、のみ屋、小料理屋、床屋、間屋、税理士、会計士、司法書士、不動産業、工務店、水道屋、ペンキ屋等)住居併用作業所付店舗(とうふ屋、菓子屋、パン屋等で自家販売品の製造販売)
H		宿 泊 ・ 遊 興 施 設 Hotel	ホテル、旅館、モーテル、ユースホステル、料亭、待合、キャバレー、バー、麻雀屋、ビリヤード、パチンコ店、トルコ風呂、バンケット(宴会、結婚式等)を主とする会館、会社団体寮(宴会・宿泊を主とするもの)、ダンス教室所、ダンスホール等。いずれも住居との併用を含む。
L		ス ポ ー ツ ・ 興 業 施 設 Leisure	劇場、映画館、オーディトリウムを主とする会館(民間主体のもの)、ボウリング場、スケートセンター、競輪競馬場等(屋内又は観覧席を持つもの)、公私共)水泳場、野球場、体育館、スポーツクラブ等
R		専 用 独 立 住 宅 Residence	専用品一戸建住宅、ソロバン型、着つけ教室、進学塾、専道教室、医院、診療所(犬猫病院を含む)等で独立住宅を主とするもの
A		兼 合 住 宅 Apartment House	公営、公社、公団住宅、マンション、アパート、アパート兼用住宅、寄宿舎、独身寮、家族寮、長屋、テラスハウス、タウンハウス等
F		専 用 工 場 ・ 作 業 所 Factory	右記のうち住居部分を含まないもの及び専用工場、専用作業場
M		住 居 併 用 工 場 ・ 作 業 場 Manufactory	右記のうち住居、アパートを兼ねるもの及び住居付工場、作業所併用住宅
T		倉 庫 ・ 運 輸 関 係 施 設 Transportation	倉庫業を営む倉庫、独立倉庫、屋根付資材置場、配送場、パーキングビル、バス、タクシー、トラック車庫、流通センター、自動車ターミナル(上屋又は事務所を併用のもの)、事務所、住宅等に付属する車庫は含まず
Y		屋 外 利 用 地 ・ 仮 設 建 物 Yard	(屋外利用または仮設建物主体)材料置場、駐車場、ガラクタ置場、中古車センター、飯場、プレハブ住宅展示場
P		公 園 ・ 運 動 場 等 Park	(屋外を主とするもの)公園緑地、運動場、野球場、遊園地、ゴルフ場、ゴルフ練習場、釣池、バレーボールセンター、テニスコート、ローラースケート場、墓地、屋外プール、馬術練習場、フィールドアスレチック等
Q		未 建 築 宅 地 ・ 未 利 用 地 用途 改 変 中 の 土 地	宅地(工場用地、商業用地を含む)で建物を併わないもの、又は建築中で用途不明のもの、区画整理中の宅地、取りこわし跡地、廃屋、埋立地
X ₁		道	農道、林道、街路、歩行者道、自転車道、団地内通路
X ₂		鉄 道 ・ 港 湾 等	鉄道、軌道、モノレール、空港、港湾
C		農 林 漁 業 施 設 agri Culture	サイロ、搾乳所、畜室、家畜等飼育所、その他農林漁業施設等
I		田	水稲、い草、運等かんがい設備を有し灌水を必要とする作物を栽培する耕地
V		畑	野菜、穀物(麦、陸稲、豆等)、生花、苗木等草本性作物を栽培する畑
J		樹 園 地	果樹園、茶・桑等木本性作物を集団的に栽培する畑
B		採 草 放 牧 地 Bokuso	牧場、牧草地等人間の手の入った草地
Z		水 面 ・ 河 川 ・ 水 路	湖沼・河川・運河、沼、遊水池
K		森	針葉樹林、広葉樹林、混交樹林、竹林、しほり科樹林、はいまつ地、しの地等、木竹が集団的に生育する土地、山地
N		原	野草地等小かん木類の生育する自然のままの土地
No		野	荒地、裸地、採石地、ごみ捨て場
Q ₂		そ の 他	自衛隊基地、在日米軍基地、火薬庫等

※ 1/5,000以上の図面に表示する場合は、この凡例による。 1/2,500の場合は、色わくのみ表示とする。

表1-4. 高崎市と東京都の土地利用カテゴリーの整合

番号	高崎市のデータの категория	対応する東京都のデータの категория	摘要
1	住居用地	住宅用地の全部	独立住宅、集合住宅、農家住宅等及びそれらに付随する施設用地。
2	商業用地	商業用地の全部	併用店舗、専用店舗、事務所等及びそれらに付随する施設用地。
3	工業用地	工業用地のうち倉庫、運輸関係施設を除いたもの	併用工場、専用工場等及びそれらに付随する施設用地。
4	公共用地	公共用地のうち供給処理施設を除いたもの+公園、運動場等	官公署、学校、病院、寺社、公園等の公共施設用地。
5	農業用地	農地の全部+採草放牧地	田畑、果樹園、牧草地等及びそれらに付随する施設用地。
6	運輸・供給施設用地	公共用地の供給処理施設+工業用地の倉庫、運輸関係施設	トラックターミナル、倉庫、上下水処理場等の用地。
7	道路	道路	道路。
8	鉄道	鉄道・港湾等	鉄道・港湾等。
9	河川・湖沼	水面・河川・水路	河川、水路、湖、海等の水面のすべて。
10	屋外利用地・未利用地	屋外利用地、仮設建物+未建築宅地、未利用地、用途変更中の土地	造成中の土地、文化財発掘予定地、駐車場等。
11	山林、原野、荒地、湿地	森林+原野	山林、原野、荒地、湿地。
12	その他	その他	その他。

京都区部の概形と500mメッシュの関係は図1-7のようになる。

以上が用いるデータの概要である。第2章では、上記のようにして得られた500mメッシュデータを中心に、第3章ではその元となった25mセルデータそのものを中心に、夫々各章で提示される手法に対応させてケーススタディを行なっている。

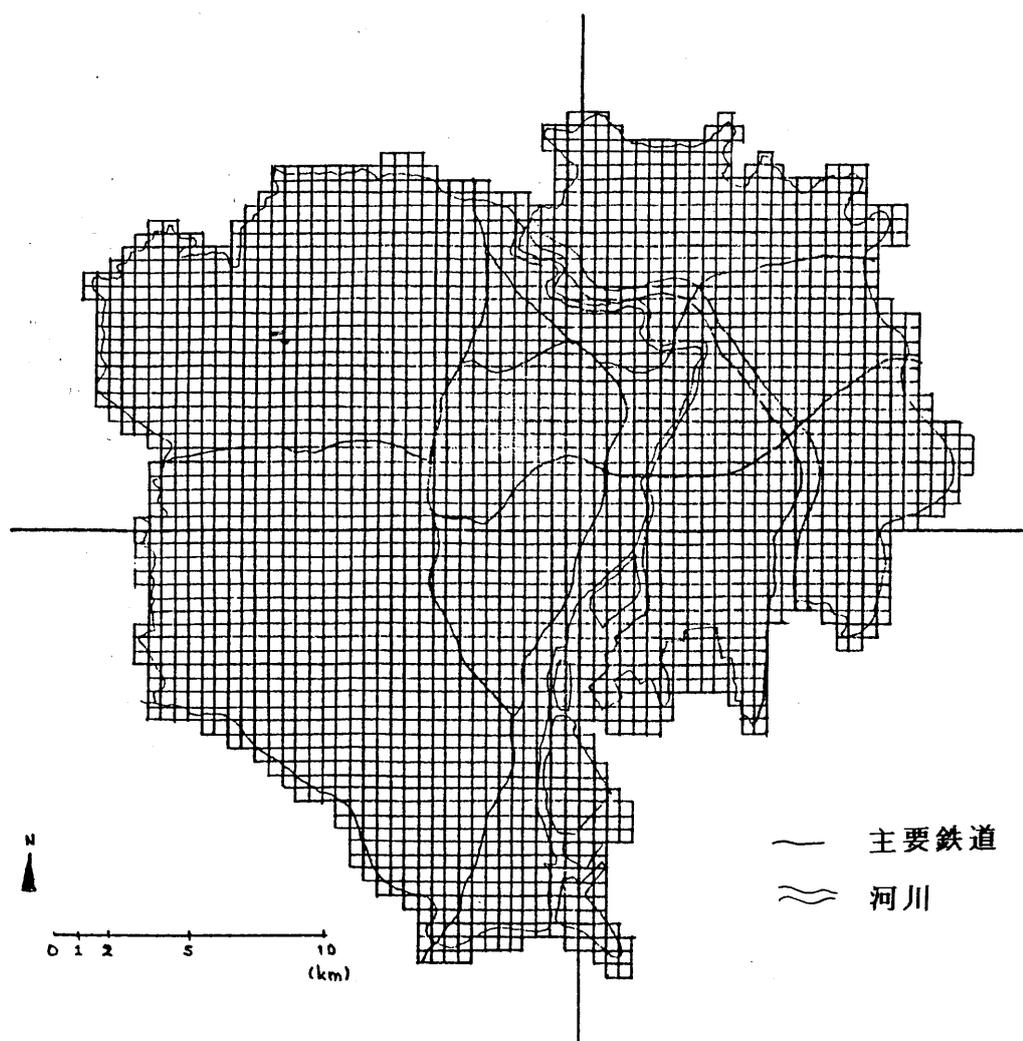


図1-7. 東京都区部の概形と500mメッシュ

第1章参考文献

- 1) 東京都都市計画局地域計画部土地利用計画課 (1983) 東京の土地利用
- 2) 建設省計画局、建設省国土地理院 (1983) 目で見る土地利用動向 — 首都圏宅地動向調査より —
- 3) 東京都都市計画局地域計画部土地利用計画課 (1982) 東京都土地利用現況調査事業要綱・要領等 (案)

第2章．都市の土地利用のマ クロな秩序性：同質地域の 同定とその変化の分析

前章で述べたとおり、土地利用の秩序性に関連する問題は、都市を理解する上での重要なポイントであると考えられる。しかしながら、その「形態」というものの客観的記述方法は確立されているとは言いがたいのが現状である。そこで、以下の2つの章では、計量可能な秩序性—土地利用メッシュデータにおける秩序性並びにポイントサンプリングカテゴリデータにおける秩序性—に限定し、それを記述する手法を探っていくことにする。

まず、本章では土地利用のマクロな秩序性としてシティワイドの土地利用パターンを考える。土地利用という題材に限定しなければ都市の内部構造パターンの分析は地理学の分野で以前から扱われて来ており蓄積も多い。最初にそれを概観する。次に、そこで支配的に用いられている手法を土地利用に適用する場合の問題点を考察する。その上で他種の手法を用い、マクロなパターンの抽出及びその変化の計量的分析を行う。

- 2-1．都市の内部構造の計量的表現に関する既存研究：因子生態研究とその周辺
 - 2-2．土地利用分析における因子分析法の問題点
 - 2-3．クラスター分析による同質地域の抽出並びに判別分析による同質地域の変化の分析
 - 2-3-1．クラスタリング手法と基準値の選択
 - 2-3-2．同質地域の比較検討のための判別分析手法
 - 2-4．高崎市及び東京都区部におけるケーススタディ
 - 2-4-1．高崎市全域における土地利用パターンとその変化
 - 2-4-2．高崎市・昭和35年D I D内における土地利用パターンとその変化
 - 2-4-3．高崎市の土地利用パターンと東京23区の土地利用パターンの比較分析
 - 2-5．第2章の終わりに
- 第2章補注
第2章参考文献

2-1. 都市の内部構造の計量的表現に関する既存研究：因子生態研究とその周辺

都市の中のどんな所にどのような人が住んでいるのか。どのような機能を持った地域がどう配置されているのか。そして、その結果都市域全体としてどのようなパターンを描いているのか——これらは特に新しい問題というわけではない。社会地理学の分野では今世紀の前半から扱われていたテーマであった。

Burgess, E. W. (1925)¹⁾ の同心円地帯仮説、Hoyt, H. (1939)²⁾ の扇形理論、Harris, C. D. と Ullman, E. L. (1945)³⁾ の多核心理論がその古典的な代表例としてよく挙げられる*)。これらは以後さまざまに批判と修正を受けながらも、現在にわたり都市の内部構造を認識する場合の基本的なパターンとして考えられ、影響力を持ち続けている。

1950年代からは、これを計量的な分析の祖上に乗せようとする試みが始められた。社会・経済的な変量のいくつかを経験的に組み合わせ、地域分類のための指標をつくり、それによって都市構造を読みとろうとした社会地域分析 (Social Area Analysis) と呼ばれるもので、Shevky, E. と Bell, W. がその代表 (代表的な著書として Social Area Analysis: Theory, Illustrative Application, and Computational Procedure (1955, Stanford University Press)) と

*) これらの説はその原典に於ては、都市をある一時点において静的に捉えただけでなく、都市の動的な発展過程のパターンをも示したものであることには注意を要する。⁴⁾

されている。

そして、近年 — ここ20年来 — その分析方法は大きく進展した。2つの点において — 1つには、都市内を構造づけている要因もどのように捉えるかという点において、また1つには構造なりパターンなりもどのように検証するかという点において — 多変量解析の手法が導入され、体系的な分析も可能ならしめたのである。

前者は、いわば因子生態研究 (factorial Ecology) と呼ばれる分野であり、Johnston, R. J. (1976)⁵⁾ や、Timms, D. (1971)⁶⁾ に代表される地理学者達によって発展した。そのアウトラインを図2-1に示す。社会学的、経済学的あるいは人口学的なさまざまなデータから、因子分析により地域を特徴づけているいくつかの潜在的な因子を抽出 — 社会経済状況、家族状況^{*}、人種^{*}の因子が代表的 — し、そのスコア指標として地域分類を行なおうというものである。因子又は主成分の抽出後、ヴァリマックス回転あるいは斜交回転を行なうかどうか、ヴァリマックス回転後のスコアもどう取るかによって図の如く道筋は分かれることになるが、これはどちらかと言えば操作上の問題である。ともかく、数多くの変数に、説明可能な少数の合成変数に束ねて表えようという多変量解析の基本線に沿った考えであることが本質的なことである。この種の研究は特に1960年代の後半、盛んに行なわれた。17個の研究例 (アメリカ合

*) 家族のライフサイクル、又はライフサイクルの段階と称せられる場合もある。family statusの訳。なお、因子を構成する変量の例としては次節の表2-2を参照。

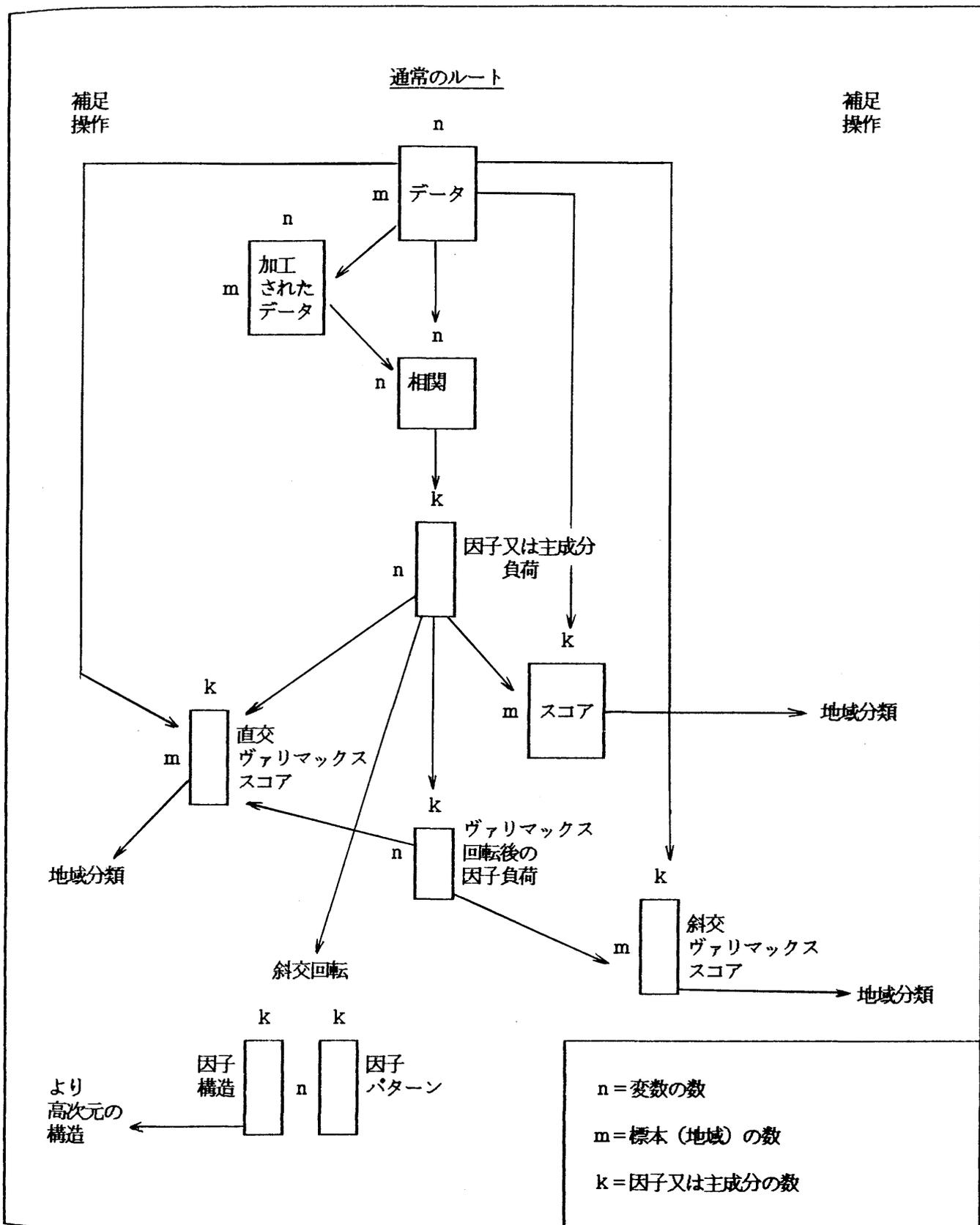


図2-1. 因子生態学的方法に関する手順を示すフロー図 (文献5 pp.204 Figure 6.3を筆者が訳したもの)

衆国の都市が中心)が前述の文献6) pp.56~58に載せられているが、もともとの独立変数の個数・10個~数十個に対して、抽出されている因子の数は数個~10個であり、ほとんどの研究例においては前述の3因子が含まれている。また、比較的良好抽出されるその他の因子として、社会的地位、職業、人口の流動性、都市化度と称せられるもの等が挙げられる。

因子生態研究は、日本においても、欧米と約10年程のタイムラグはあるものの、いくつかの都市において行なわれてきている。巨大都市である東京について行なわれた高野(1979)⁷⁾の研究、政令指定都市における山口(1976)⁸⁾、森川(1976)⁹⁾、横山・森川(1977)¹⁰⁾の研究、巨大都市圏の一部地域を対象とした森(1980)¹¹⁾の研究、地方都市を対象とした樋口(1982)¹²⁾の研究を挙げることができよう。これらの研究の中で、大都市を対象としたものについては家族状況と社会経済的地位が主要2因子として抽出され、地方都市を対象とした文献12)においてはこれらの他に都市化度と表現しうる因子が加わっている。しかしながら、データ上の制約等のため、それが、日本の都市一般に共通するものかについての判断を下せる程度にまでは進んでいないようである。

もう一方の技術的進歩 — 構造又はパターンの検証 — について述べよう。これは、同心円状^{*}あるいはセクター状のパターンである

*) 原案では“zonal pattern”であるので、以下「ゾーン状」としておく。

と言、ても、それがどの程度のものなのかは何らかの基準がなければわからない。その基準と判断方法を与えようということで、分散分析の手法が導入されたのである。すなわちある変量 — もともとのデータである場合もあるし、前述の因子生態研究のプロセスを踏んで得られた因子スコアである場合もある — のゾーン間・セクター間の分散と残差(誤差)分散を比較し、2元配置の分散分析の要領で、ゾーン・セクターによる有意差を判断しようというものである。このアウトラインおよび実例は Murdie, R. A. (1976)¹³⁾ に詳しい。表2-1は主たる分散分析のケーススタディをまとめたものである。主な結果を見れば、家族状況、都市化度(urbanization)はゾーン状の分布を予ると報告されている研究例が多いが、社会的地位(social rank)或は社会経済状況(socioeconomic status)といった変量はセクター状という結果が多い一方でゾーン状という報告もあり、人種(ethnic status, ethnicity 又は segregation)或は言語(language)に就ては都市毎にはらばらと差えた方がよさそうな結果となっている。い、てみれば、客観的手法の導入によりゾーンなりセクターなりの都市構造モデルの一般性に疑問符が投げかけられてきた、又はそのあてはまりの限界が明らかにさめつつあると言、てよいだろう。

以上が都市の内部構造の客観的表現をテーマとした既存研究につ

表2-1. 都市内の空間パターンの分散分析 (文献13 pp.249-251 Table 7.1 を筆者が訳したもの)

研究者 (発表年)	対象都市	変数	研究の設定	主な結果
Anderson and Egeland (1961)	大雑把に見て円形であるアメリカの4つの中規模都市 -- アクロン, デイトン, インディアナポリス, シラキュース	2つの社会地域指標 -- 社会的地位と都市化度。	各々の都市で定められた12のセクターの中から4つを選び、夫々のセクター内で中心からの距離がほぼ等間隔になるように4つの調査区を選ぶ -- 1つの都市について1セル当り1つ、計16個の調査区が選ばれる。	社会的地位 -- 副次的な距離パターンを示すインディアナポリス (対象都市中最大規模) を除いてほぼセクター状。 都市化度 -- すべての都市についてゾーン状。
McElrath (1962)	ローマ	2つの社会地域指標 -- 社会的地位と都市化度; 国勢調査間で若干の違いがある。	3つの主要な交通路とその投影) -- 行政上の境界で分けられた3つの同心円状のゾーン -- に近接したすべての国勢調査区。	社会的地位と都市化度はゾーン状かつセクター状; 社会的地位は都市の中心部で最も高い。
McElrath and Barkey (1964)	シカゴ	社会地域指標とそれらを構成している変数。	10のゾーンと10の等分されたセクター; 68個のサンプルに対し、ほぼ1セル当り1調査区となる。	都市化度 -- ゾーン状。 社会的地位 -- ゾーン状。 人種 (その分離状況) -- わずかにセクター状。
Johnston (1969)	メルボルン	国勢調査による47個の変数: 社会経済状況に関するもの (11個) 家族状況に関するもの (6個) 少数民族に関するもの (16個) 人口動態に関するもの (8個) 居住形態と占有状態に関するもの (6個) -- 収入、職業、学歴についての情報はなし。	現実により近づけた4つのゾーンと3つのセクター -- 収集地区**) からの層別無作為抽出による。	社会経済状況 -- 9変数がセクター状、5変数がゾーン状。 家族状況 -- 6変数がゾーン状、1変数がセクター状。 少数民族のグループ -- 10変数がゾーン状、10変数がセクター状。 人口動態 -- 5変数がゾーン状、4変数がセクター状。 居住形態と占有状態 -- ゾーン、セクターともに有為でない。

*) projections の訳、経線-緯線のような関係にある線群のこと。ここでは、放射状の交通路に対する同心円状の行政区界のこと。

**) collectors districts の訳。

表2-1. (続き)

研究者 (発表年)	対象都市	変数	研究の設定	主な結果
Murdie (1969)	トロント大都市地域	1951年、1961年及び1951-61 の変化についての国勢調査データの分析から得られた因子スコア。	6つのゾーンと6つの等分されたセクター；居住者のいるすべての調査区について。	経済状況 (1951年、1961年) -- ほぼセクター状。 家族状況 (1951年、1961年) -- ほぼゾーン状。 人種状況 (1951年) -- セクター状かつゾーン状。 イタリア人種の状況 (1961年) -- ゾーン状である以上にセクター状。 ユダヤ人種の状況 (1961年) -- ほぼセクター状。
Rees (1970)	シカゴ	社会経済状況と家族状況に対する因子スコア。	6つのゾーンと5つの等分されたセクター；222個のコミュニティ地域と周辺の自治体を含む。	社会経済状況 -- ゾーン状かつセクター状。 家族状況 -- セクターよりもゾーンが重要。
Timms (1971)	ブリスベイン (オーストラリア)	社会地域指標；2つのイギリスの都市 (ルトンとダービー) で調査された4つの変数を含む：課税標準、選挙での安定性、成人の犯罪率、精神病者の率。	6つのゾーンと幹線道路に沿って定義された9つのセクター；108の収集地区を含み1つのセルについて2つの地区が対応する。	都市化度 -- ゾーン間の相違が支配的。 社会的地位 -- セクター間の相違が支配的。 人種 -- ゾーン間の相違が支配的 -- すべての指標はゾーン状かつセクター状のパターンを示し、さらに夫々の場合において交互作用効果も有為である。
Schwirian (1972)	カナダの11大都市圏の比較研究	社会的地位、非生殖度、婦人労働者の率、集合住宅の率、言語 (人種の代り)。	AndersonとEgeland (1961)に同じ。	社会的地位 -- 2つのケースを除いてほぼセクター状の分布をする。 非生殖度 -- 様々。 婦人労働者 -- 様々。 集合住宅 -- ほぼゾーン状。 言語 -- 都市間でかなりの違いがある。

いての概観である。一見してのとおり、社会学的・経済学的な変量を問題にしている研究が多く、都市をフィジカルに特徴づけている土地利用については、まだ研究例は少ない。その原因としては、前章でも指摘したように、詳細で広域的なデータが得られにくいことが、何と云ってもまず大きな点である（又はあった）。しかし、そのようなデータが整備された（現に、それつつあるが）場合にも、因子分析の手法がそのままの形で土地利用パターンの分析に生かされると考えてよいのだろうか。次節以下では、この点について考えていくことにする。

2-2. 土地利用分析における因子分析法の問題点

表2-2が文献5)より抜粋したJohnston, R. J.によるホァンガレイ(ニュージーランドの都市)における社会的、経済的変量(1971年のもの)を用いたの因子分析(共通性を1とした主因子法即主成分分析)、表2-3が筆者による高崎市における土地利用カテゴリ^{*)}(1970年のもの)を変量とした同様の分析結果である。両者とも因子は寄与の高いものから取り、因子負荷ベクトル、固有値(因子寄与)及び累積寄与率を示してある。この両者の比較から考えていくことにしよう。

ホァンガレイの分析をまず見ていく。第一因子として抽出されたものは、 X_5, X_6, X_7 といった職業の専門性や経済状況を表わす変量が正の高い負荷を示すことより、社会経済状況(socioeconomic status)と名付けられている。この因子は固有値3.67ということである。変数半の変量分の説明力をもち、寄与率としては5割に近い。第二因子は、 X_1, X_4, X_2 といった変量の負荷の絶対値が高いことより家族状況(family status)と名付けられ、固有値2.70、寄与率は30%余りである。第三因子はやや性格がは、きりせず、命名不能とされている。固有値は0.53、寄与率は7%弱である。つまり性格のは、きりした上位2個の因子——社会経済状況と家族状況——で全体の8割近い分散が説明され、独立変量8つを2つの合成変量に縮

*1) 第一章で述べたところの500mメッシュデータである。但し、因子分析の際の相関行列のランクが落ちないようにするため、また、意味付けを明確にするため、「その他」のカテゴリは除いてある。

表 2 - 2 . ホァンガレイにおける因子分析 (文献 5 pp.205-6 より)

(1971年)

変量	因子負荷			変量の数	8
	I	II	III	地区の数	22
X ₁	.36	.85	-.06		
X ₂	-.41	-.85	-.07		
X ₃	.73	.44	-.37		
X ₄	.19	.88	.36		
X ₅	.82	-.33	.32		
X ₆	.82	-.26	-.35		
X ₇	.89	-.10	-.19		
X ₈	-.81	.33	.06		
固有値	3.67	2.70	0.53		
累積寄与率					
(%)	45.88	79.66	86.33		

X₁ 16歳以上の未婚者の比率X₂ 核家族世帯の比率X₃ 集合住宅の比率X₄ 借家率X₅ 専門的或いは管理的職業に従事する男性労働者の比率X₆ 年間収入6000ドル以上の男性労働者の比率X₇ 大卒の男性労働者の比率X₈ マオリ人の比率

表 2 - 3 . 高崎市における土地利用の因子分析

(1970年)

変量 (夫々土地利用比率)	因子負荷			変量の数 12
	I	II	III	地区(分析対象 とした500メッ シュ)の数 376
住居用地	-.66	-.34	.17	
商業用地	-.72	.05	.13	
工業用地	-.21	.31	-.38	
公共用地	-.57	.09	.39	
農業用地	.51	-.79	-.24	
運輸・供給施設用地	-.36	.26	-.56	
道路	-.83	-.25	.10	
鉄道	-.23	.22	-.69	
河川・湖沼	.15	.07	.19	
屋外利用地・未利用地	-.12	.17	-.21	
山林・原野・荒地・湿地	.36	.78	.37	
固有値	2.66	1.70	1.44	
累積寄与率 (%)	24.21	39.73	52.88	

約することの意義は、この分析においては、かなり高いと言える。

一方、高崎市の土地利用についてはどうであろうか。表2-3によれば、第一因子の負荷が+で大きいのは農業用地であり、-で大きいのは、住居用地、商業用地、公共用地、道路である。このことより、第一因子は(非)都市化度を示す因子と言ってよい。この因子は固有値2.66、寄与率24.21%である。第二因子は、山林・原野・荒地・湿地が+の大きな負荷を持ち、農業用地がそれに相当する一の負荷を持っている。この他+の負荷をもつものとしては、工業用地、運輸・供給施設用地等、-の負荷をもつものとしては、住居用地、道路があり、やや性格がはきりしないが、一応、平地と山間部を分ける因子と解釈しておく。固有値は1.70、寄与率は15%程度である。第三因子は、-の負荷の大きい変量として、工業用地、運輸供給施設用地、鉄道があり、(非)工業化度と言えは言えないことも多い。しかし、負荷の絶対値が均等化しており、性格は第二因子程もはきりしない。固有値は1.44、寄与率は13%ほどである。総じて、表2-2と比較すると上位の因子の寄与率の低さが目につく。特に表2-3における上位2因子の寄与率の合計(第二因子までの累積寄与率)は表2-2におけるその半分に満たない。また、前者においては第一→第二→第三因子と寄与率の遞減傾向が著しいが、後者ではそれが緩やかであるといふ特徴がある。すなわち12

個の独立変量の縮約として、2、3個の合成変量を選ぶことは疑問視されることになり、ホランガレイの社会・経済的変量の場合に比べて因子分析の意義は薄いと言わねばならない。

このような結果を生じる原因を探してみよう。その多くはデータの構造に起因すると思われぬ。因子分析が「成功する」するより少数の因子により、全体の変量の変動の多くを説明できるためには、変量間の相関行列が、「互いに相関の高い変量のグループ」が少数個明確に見い出せる構造——即、変量のクラスタリング^{*}が容易である構造になっていないといけなうといふことができる。そういう観点で、上述2組の変量間の相関行列(表2-4、表2-5)を眺めてみれば、表2-4の場合には、 $X_1 \sim X_4$ 、 $X_5 \sim X_7$ 、 X_8 といった互いに比較的相関の高い(負の値も含めて)3群の変量を、視察によっても容易に見い出すことができるのに対し、表2-5の場合には、全般的に相関係数の絶対値が小さく、前記のような構造を明確には見い出せないことに気付く。相関行列を比べることが高崎市の土地利用データの「因子分析に向かない特徴」が明らかになっているわけである。

さらに、相関行列にこうした特徴が生じる原因を考えてみる。芝(1979)¹⁴⁾は因子分析法を応用する際の一般的な注意事項を17項目にわたって述べているが、その中の3項目——変量の分布、相関

* クラスタリングについての詳細は次節を参照。

表 2 - 4 . 表 2 - 2 . の変量間の相関係数 (文献 5 pp.205 より)

変量	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
X ₁	1.00							
X ₂	-0.84	1.00						
X ₃	0.57	-.61	1.00					
X ₄	0.60	-.66	.15	1.00				
X ₅	0.01	-.09	.36	-.34	1.00			
X ₆	0.04	-.10	.40	-.26	.77	1.00		
X ₇	0.29	-.22	.61	-.30	.67	.71	1.00	
X ₈	0.02	.15	-.42	.45	-.75	-.64	-.67	1.00

表 2 - 5 . 表 2 - 3 . の変量間の相関係数

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	1.00										
商	0.26	1.00									
工	-0.05	.06	1.00								
公	0.28	.30	.03	1.00							
農	-0.22	-.37	-.30	-.39	1.00						
運	0.05	.17	.11	.05	-.21	1.00					
道	0.56	.58	.01	.36	-.24	.17	1.00				
鉄	0.02	.07	.17	-.03	-.13	.39	.04	1.00			
河	-0.09	-.13	-.05	.06	-.02	-.02	-.10	-.05	1.00		
未	-0.04	.00	.03	-.02	-.15	.11	.10	.02	-.09	1.00	
山	-0.39	-.15	-.15	-.10	-.54	-.08	-.41	-.11	.02	-.03	1.00

の直線性、イプサティブ・スクア — が土地利用メッシュデータの
場合注目すべき点である。

まず、変量の分布については、正規分布からの歪みが大きい場合
偏差の大きな値の影響が分散に強く表われ、偏差の小さなデータの
適合が悪くなり、結果として相関係数の絶対値が小さくなることに
留意せねばならない。図2-2のハンガレイの各変量の頻度分布、
図2-3の高崎市の土地利用カテゴリ別の頻度分布を比べれば、
前者の場合、半数以上 (X_1, X_4, X_5, X_6, X_7) が正規分布とそう大
きく隔たりのない分布形を成すのに対し、後者については、農業用
地と道路を除いては到底正規分布と見做すことはできない。大半の

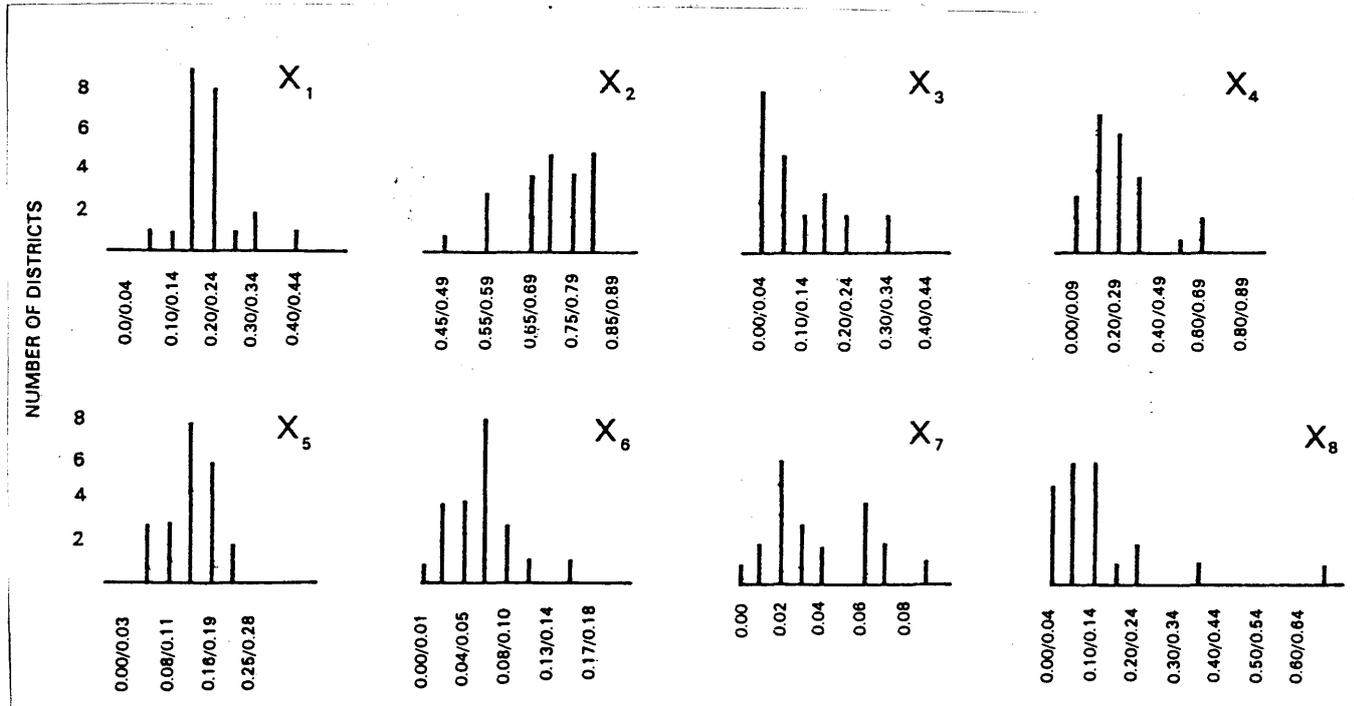


図2-2. ハンガレイの分析に使われた各変量の頻度分布 (文献5 pp.209 より)

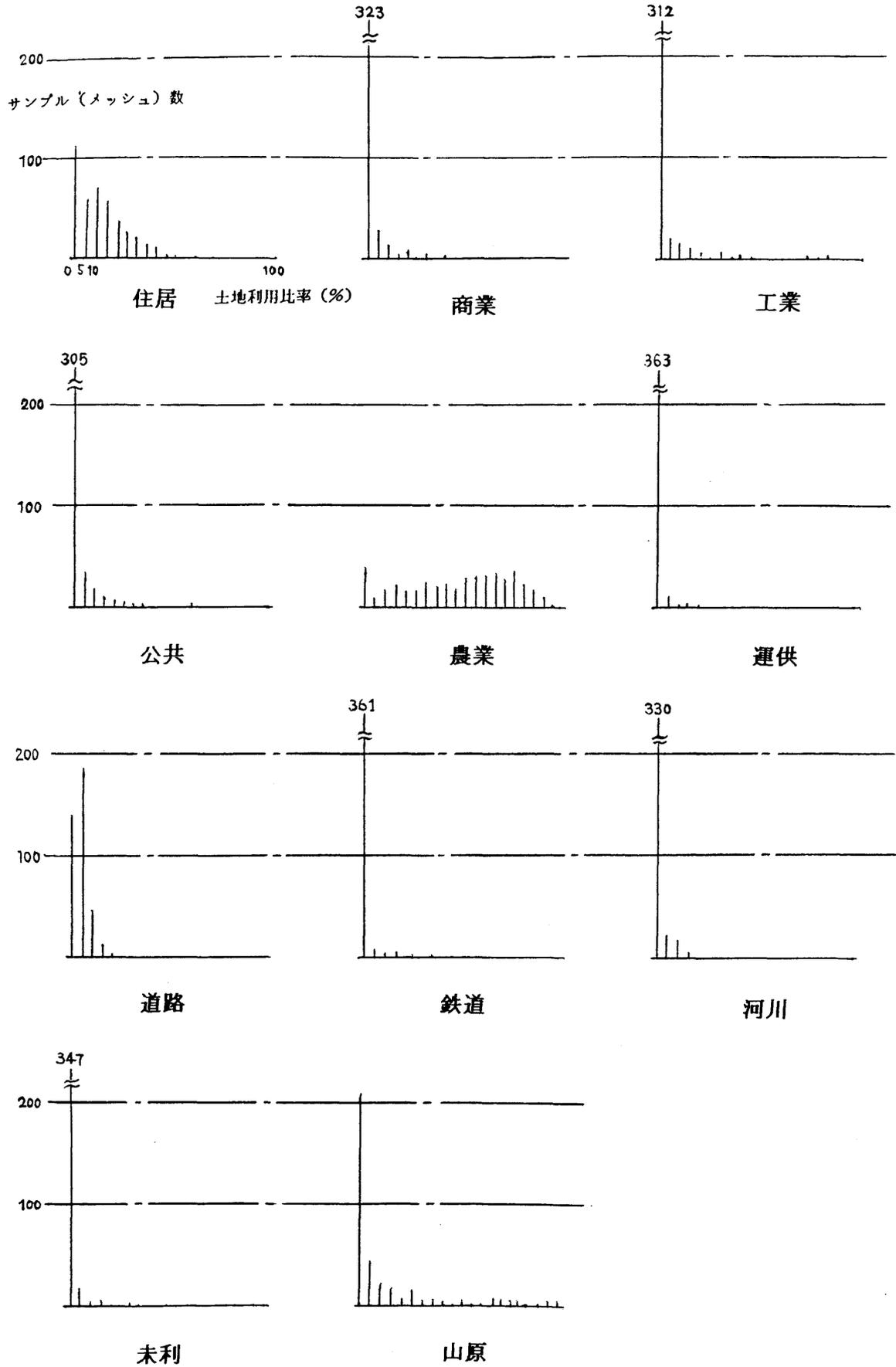
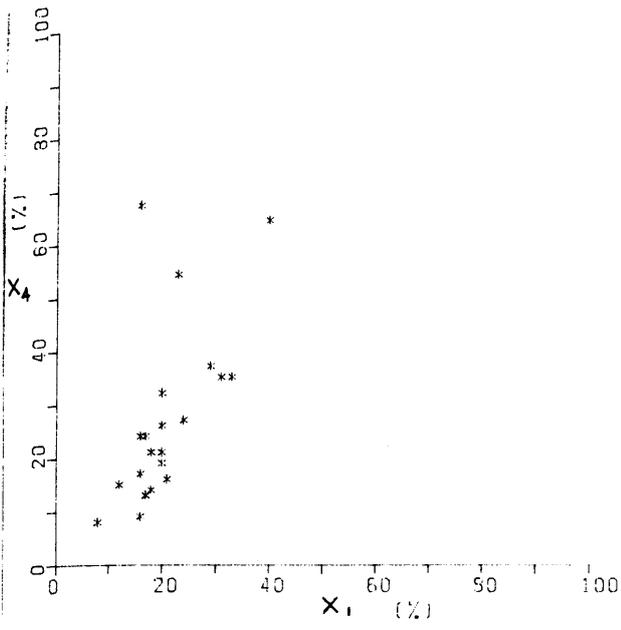


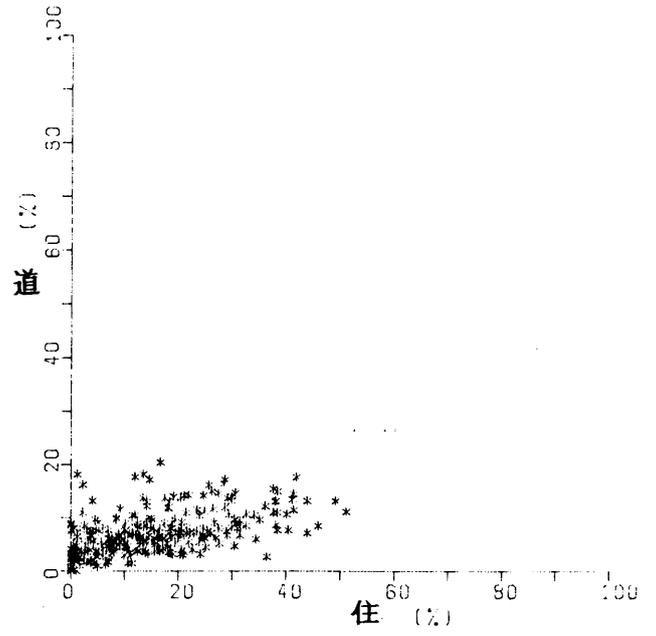
図2-3. 高崎市の土地利用分析に使われた各変量の頻度分布

用途は、その希少性・局地性から、土地利用比率0~5%のメッシュが極端に多い故、敢えて言うなら指数分布形に近い歪んだ形となっている。平均値から大きくはずれる値の影響により、多数派である0~5%付近のデータの適合が悪くなることは明らかであると言える。このような場合の処置方法としては、変量の逆数あるいは対数をと、たもつを新たな変量として用い、分布形を補正することが試みられている。しかしながら、そのようなことが可能なのは、変量の変換に何らかの意味付けがあるときに限らざるわけ、土地利用比率の場合には、そういった意味での必然性は見当たらないと言わざるを得ない。

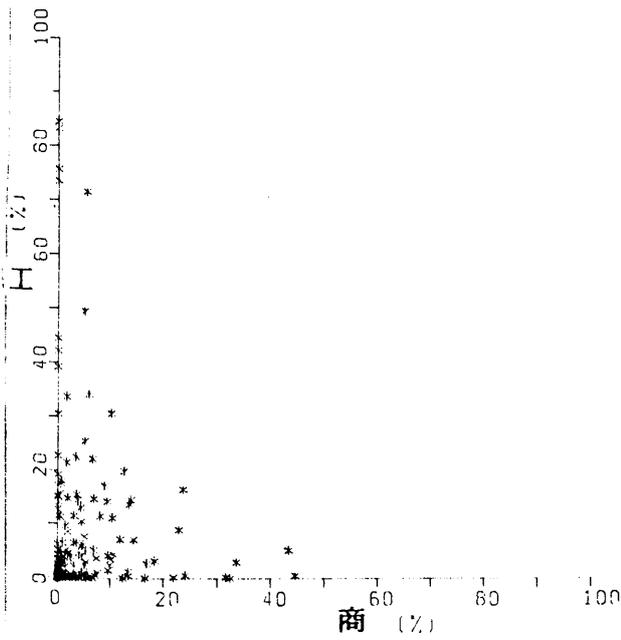
次に、相関の直線性についてであるが、相関係数が変量間の直線的関係を前提としている以上、2変量の関係が非線形のものには向かないということになる。図2-4に典型的な2変量の散布図を4つ示す。(a)はホァンガレイの例の X_1 と X_4 、(b)は高崎市の土地利用の例の道路と住居用地、(c)は同じく商業用地と工業用地、(d)は住居用地と農業用地の散布図である。(a)、(b)はいわゆる2次元正規分布に近い形であり、相関関係もほぼ直線的であると言ってよい。因子分析には好適の形の分布である。一方、(c)、(d)は相関関係の存在自体が疑問視され、直線的であるとは言えない形である。これらを模式的に描き、確率密度 $f(x, y)$ を第3の軸



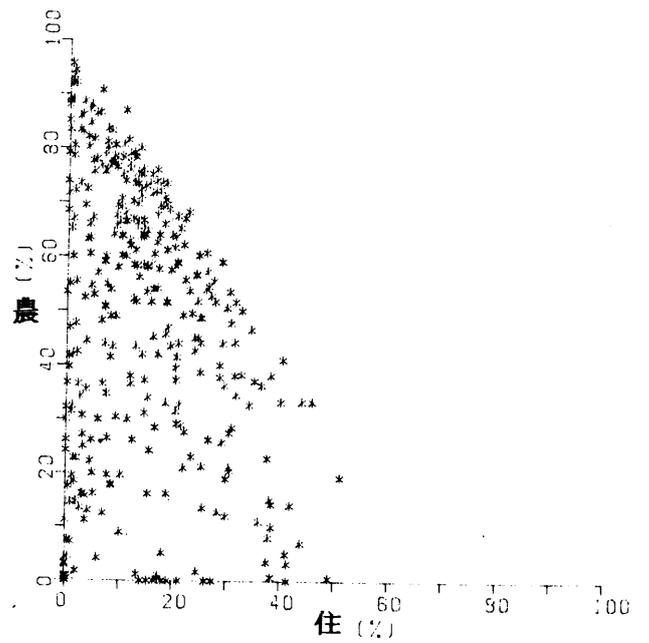
(a)



(b)



(c)



(d)

図 2 - 4 . 変量間の散布図

にと、た図を付したのが図2-5である。図2-4の(a)、(b)が図2-5の(i)に、(c)が(ii)に、(d)が(iii)に対応する。ホアンガレイの場合、8変量のうちから2変量をとった場合の散布図が(i)の型(または、(i)の点の分布傾向を右下がりにした形)となるものが過半を占めることが実際にわしめられる。一方の高崎の土地利用の場合、(i)の型をなす組み合わせは、住居-道路並びに商業-道路以外には見当たらず、(ii)(2変量とも全市域では土地利用比率の低い用途の場合)又は(iii)(一方の用途の土地利用比率がある程度高い場合)がほとんどとなる。この側面でも後者は、因子分析に適さない特徴を有しているわけである。

「イフサティブ・スコア」とは心理学で用いられる用語であり、アンケート調査等の場合に、個人ごとに自ら定めた尺度に従って、対象に対して点数を与えることを言う。えてしてこの場合、そのスコアの総計(同じことであるが平均)に条件があるとか、異なる対象に対するスコアが独立である(相対的に定められている)とかい、たことが多く、それらの制約条件により、あるいは種の相関関係があるかじめくみ入れられてしまうということが問題となる。土地利用カテゴリ-スコアに因子分析を適用する場合の第三の問題点もここにある。「個人」をメッシュに「対象に対するスコア」を土地利用カテゴリ-ごとの比率に置きかえれば、土地利用メッシュデータは2つ

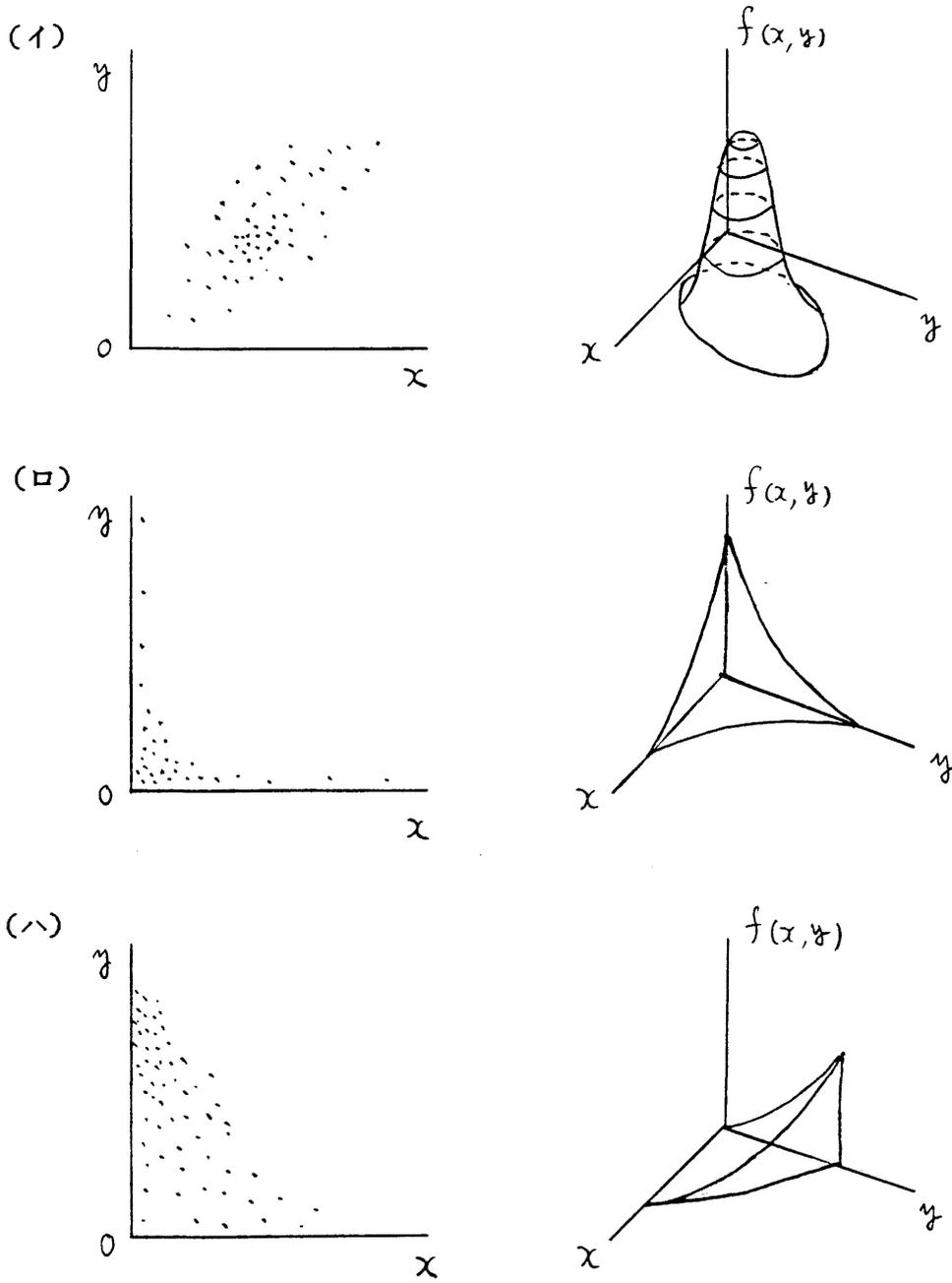


図2-5 . 2次元分布の3つのパターン

の意味でメッシュ毎に制約条件のつけられたデータとなっている。
 まず第一に全土地利用率 = 100% となっていることである。当然
 このままでは相関行列はランク落ちするため、本分析では12番目の
 カテゴリである「その他」を除いて表2-3以下の分析に用いて
 いる。しかしながらそれでも全土地利用率 $\leq 100\%$ という条件か
 らは逃れ得ない。この場合、確率密度の定義域の形そのものが負の
 相関を孕んでいることが確かめられる(補注(1))。さらに、土地
 利用の排他性 — あるポイントをある用途が占めると他の用途は占
 めることができない — も一つの制約条件として考えられねばなら
 ない。実際 表2-6のように2用途ごとの偏相関係数をとれば、

表2-6. 表2-3. の変量間の偏相関係数

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	*										
商	-0.99	*									
工	-0.99	-0.99	*								
公	-0.99	-0.99	-0.99	*							
農	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	*						
運	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	*					
道	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	*				
鉄	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	*			
河	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	*		
未	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	*	
山	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-1.00	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	*

当然のことであるが、 -1 に極めて近い値となる。他の用途が攪乱要因となるため、単相関には直接には反映されないが、負の相関を組み込みやすい構造になっているということは確かである。

以上、昭和45年の高崎市の土地利用メッシュデータを例にして、因子分析に向かない要因を探ってきた。これらの特徴は、土地利用メッシュデータに共通する特徴であり、以後の節、章で扱う昭和54年の高崎市の土地利用データ及び昭和56年の東京都のデータも同様の性質を有していることが確認されている。

また、前節で述べたパターンを検証のために行う分散分析についても分布の正規性を前提としている以上、各変量が図2-3に示した分布形であれば問題が多いと言わざるを得ない。

従って、これらのデータ上の欠点を考慮した上で、土地利用パターンの分析手法としては、

- i) 変量(土地利用カテゴリー)の正規性を前提にしないでよい。
- ii) 相関の線形性を仮定しないでよい。

ものが要求されることかわかる。このような条件のもとで、かつ、因子分析に求めたような、多変量の情報を総合的に組み入れ得る手法が望ましいと言える。

2-3. クラスタ分析による同質地域の抽出並びに判別分析による同質地域の変化の分析：その方法について

都市の内部構造分析、その中でも土地利用パターンの分析ということが本章のそもそものテーマである。その手法としてまず因子分析に注目したのは、それが土地利用以外のデータに対して20数年来行なわれて来ているということからであり、さらにその理由としては、因子分析が多変量データの情報を縮約する手段として有効であるという認識があるからであると思われよう。しかしながら、因子分析後に行なうべく作業を考えると、地区毎に因子スコアを算出し分散分析につなげる、或いは、スコアの数値を何段階かに区切って図化しそのパターンを眺めるといったことが一般的に行なわれるわけである。それなら、そのこと、因子スコアを介せずに地域を区切ることができれば、その方がより直接的で簡便であるように思われる。そういって外的基準がない場合にサンプルをいくつかの群に分類する手法として考えられているものがクラスタリングである。クラスタリングでは、似ているサンプル同士を一つの群に結合していき、最終的にいくつかの群にサンプルを分類するという方法をとる。喩えて言えば、A, B, Cの3つを2群に分類するのに、因子分析による方法では、まず何らかの「座標軸」を用意してA, B, Cそれぞれ絶対的位置を測ることから始めるのに対して、クラスタリ

シングルの方法では、AとB、BとC、CとA相互の類似度或いは相対的な距離を測りそこから始めるということが出来る。因子分析では、いわゆる「座標軸」を作る段階で前節に示したような問題点があるのに対し、クラスタリングでは、変量の正規性、相関の直線性等の仮定を特に前提としない点で、土地利用データに対して有効であると思われる。このように、全サンプルをいくつかの類似サンプル群に即ち、都市域をいくつかの同質地域に分割^{*}することで都市内部の土地利用構造を示すことができると考えられる。本節では、さまざまなヴァリエーションのあるクラスタリング手法、クラスタ数評価基準の選択についてと、この「同質地域分類」を年代間比較、都市間比較に応用する際の技術上の工夫について述べる。

2-3-1. クラスタリング手法と基準値の選択

クラスタリングと一口に言っても、現在、極めて多種の手法が考えられている。矢島と王(1971)^{15), 16)}が体系的に示しているように、主たる論点として、①距離の算出方法、②組み合わせ的手法であるか否か、③組み合わせ的手法である場合、クラスター間の距離をどう定義するかの3つが挙げられる。

まず①のサンプル間の距離の定義については、クラスター形成の基礎となる重要性をもっているが、特に理論的根拠の見当たらない

*) 都市的事象に対するクラスタリングの適用例は数多くあるが、土地利用を変量としたものは少ない。因子分析の場合と同様、データの入手が困難なためであると思われる。

ことから、本分析では、素朴にユークリッド距離、

$$d_{\alpha\beta}^2 = \sum_{i=1}^p (x_{\alpha i} - x_{\beta i})^2$$

但、 $d_{\alpha\beta}$: α 番目のメッシュと β 番目のメッシュの距離

$x_{\alpha i}$: α 番目のメッシュの第 i 用途の土地利用比率

$x_{\beta i}$: β 番目のメッシュの第 i 用途の土地利用比率

(以後の分析を通じて、

$i = 1$ (住居), ..., 11 (山林・原野) の 11 用途とする)

を採用する。また地域性と言、左場合に比率の絶対値そのものに意味があると若し、データの正規化は行なわなかった。

②の組み合わせ的手法(補注(2))が否かについてであるが、ここでは操作上の容易さと後述するクラスター数評価基準を算出する関係から組み合わせ的手法を用いることにする。但、組み合わせ的でない手法の中にも文献15に述べられているモード法のように、土地利用分析に適用した場合、比較的良好な結果が得られそうな手法がある。

③については、Lance, G. N. and Williams, W. T. (1967)¹⁹⁾ が与えた組み合わせ手法に共通するクラスター間の距離の表現、

$$d_{ir} = \alpha_p d_{ip} + \alpha_q d_{iq} + \beta d_{pq} + \gamma |d_{ip} - d_{iq}| \quad \dots (a)$$

又は、

$$d_{ir}^2 = \alpha_p d_{ip}^2 + \alpha_q d_{iq}^2 + \beta d_{pq}^2 + \gamma |d_{ip}^2 - d_{iq}^2| \quad \dots (b)$$

但、 d_{ir} : 第 i クラスタ - と 第 r クラスタ - の距離

d_{ip} , d_{iq} , d_{pq} : 上記と同様

(第 p クラスタ - と 第 q クラスタ - が結合して 第 r クラスタ - が結合されるものとする。)

が知られている。よく使われる 6 技法 (最短距離法、最長距離法、メジアン法、重心法、群平均法、Ward 法) はいずれも、(a) または (b) 式の α , β , γ のパラメータを適当な値に定めることにより定義することができる¹⁶⁾ が、このうち、データ空間の濃縮 (結合をすすめるほどクラスタに属さない点 が クラスタに結合しやすくなる) や 拡散 (上記と逆にクラスタに属さない点 が クラスタから離れていく) の問題がある技法として最短距離法と最長距離法が、また、結合距離の単調非減少性が保証されない技法としてメジアン法と重心法が挙げられている¹⁷⁾。従ってそのような問題のない群平均法と Ward 法が望ましい。かつ Ward 法は群平均法よりさらに空間変化の少ない手法であることが知られている¹⁸⁾ 故、ここでは Ward 法を採用することにする。Ward 法は (b) 式において、

$$\alpha_p = \frac{n_i + n_p}{n_i + n_r}, \quad \alpha_q = \frac{n_i + n_q}{n_i + n_r}, \quad \beta = -\frac{n_i}{n_i + n_r}, \quad \gamma = 0$$

但、 n_i : 第 i クラスタ - に属するメッシュ数 他も同様
と置いた式で表現される方法で、そもそもの定義は、情報損失量 (

クラスターに属するすべての点の当該クラスターの平均値からの偏差の乗積をすべてのクラスターについて合計したものの増加が最小になるように結合させていくものである。

以上に従い、ユークリッド距離、Ward法を採用して高崎市域の昭和45年の500mメッシュにクラスターリングを適用した結果の分類図(クラスター数決定の問題についてはすぐ後述)を図2-6に示した。実際の土地利用からも納得のいく3群のクラスター(第一群:市街地及びビジネス地域、第二群:農村部、第三群:山間部。なお、2-4節で詳述)が形成されている。これが例えば、最短距離法によると、3群の場合、その中の一つの群が極めて大きなクラスターとなってしまう。他はわずかに4メッシュ、1メッシュの群が一つずつ形成されるという形で、実情にそぐわない結果となってしまう^{*}。土地利用メッシュデータに対してもWard法の採用は妥当であると言える。

さて、次にクラスター数評価基準について述べることにする。要は、「いくつかのクラスターに分けるのが最も適切か」ということを、恣意的な判断(例えばテンドログラムを見て「切りやすそうな所で切る」とか、あらかじめいくつかに分けるかを決めておくとか等)によらずに、定義の明確な基準量によって行なおうということである。このことについては、人工データを用いた実験的検討²⁰⁾及び実際の

*) 後述する Beale の F を判断基準とした最短距離法の best のクラスターは19群で、各クラスターに属するメッシュ数は、347, 6, 5, 2, 2, 1, …, 1 とこれまた芳しくない。

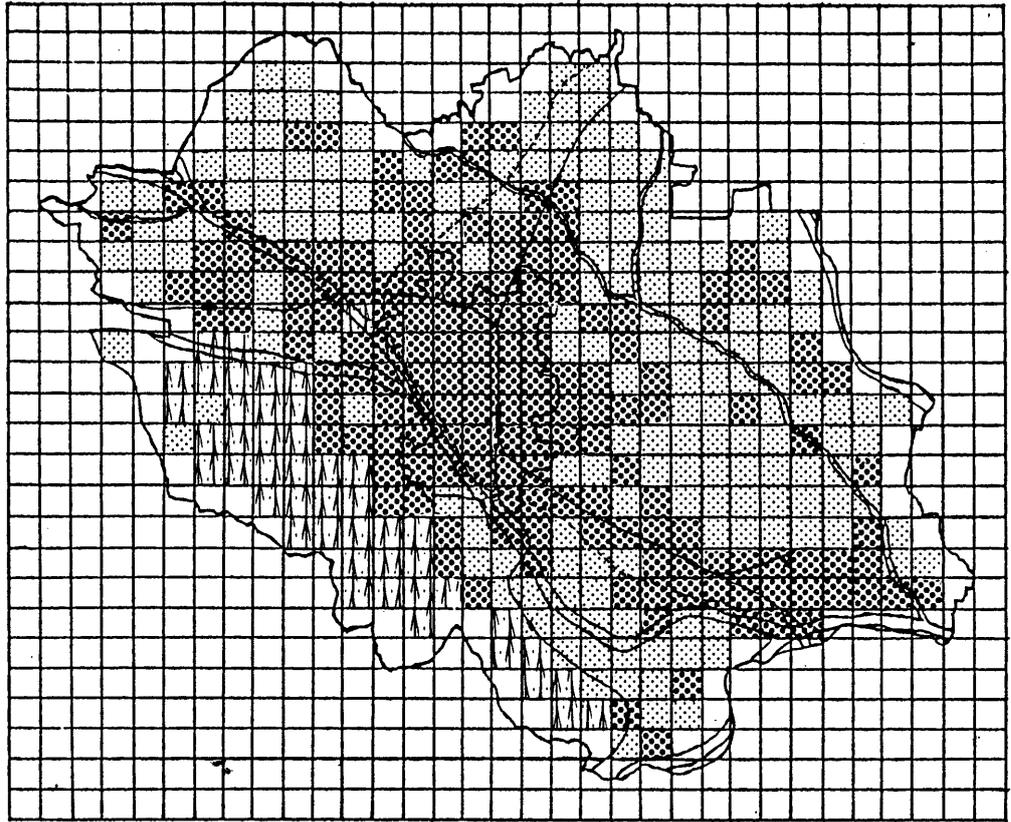


図2-6. 高崎市域 500m メッシュ、昭和45年 1st best のクラスター

表2-7. クラスター別平均土地利用比率(%) (昭和45年 1st best)

		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1		20.6	4.6	8.9	5.9	33.2	1.2	8.6	1.7	3.0	3.2	9.1
2		10.0	0.7	0.7	1.3	71.5	0.2	5.7	0.1	2.5	1.0	6.2
3		3.1	1.0	0.0	1.0	14.2	0.1	3.0	0.0	0.9	2.1	74.6

但、運供：運輸・供給施設用地，未利：未利用地，山原：山林・原野・荒地・湿地

事業所統計データによる例示²⁾が行なわれている。前者は最短距離法と最長距離法、後者はWard法を用いて以下の4基準

① Calinski & Harabasz の VRC 値

$$VRC(k) = \frac{\text{tr}(S_b)}{k-1} / \frac{\text{tr}(S_w)}{n-k}$$

但、 S_b : クラスタ-間平方和・積和行列

S_w : クラスタ-内平方和・積和行列

n : 全サンプル (メッシュ) 数

k : クラスタ-数

で、VRCの最大を与える k は $k-1$ から k にクラスタ-数が変化するときVRCが急激に増加するときの k を最適とする。

② BealeのF値

$$F(k, k-1) = \frac{R(k-1) - R(k)}{a \cdot R(k-1)}$$

但、 $R(k)$: クラスタ-数 k のときのクラスタ-内平方和の総和

$$a = \frac{n-(k-1)}{n-k} \cdot \left(\frac{k}{k-1}\right)^{2/n} - 1$$

で、 $k-1$ から k の変化に対し、 F が急激に増加するときの k を最適とする。

③ MarriottのC値

$$C(k) = k^2 |W| / |T|$$

但、 W : クラスタ-内分散共分散行列

T : 全分散共分散行列

$||$ は行列式の意

で、 C が最小か急激に減少するときの l を最適とする。

④ Marrona & Jacovkis の ψ 値

$$\psi^* = \psi / m(n-l)$$

$$\psi = m \sum_{j=1}^k (n_j - 1) |W_j|^{1/m}$$

但、 n_j : 第 j クラスターに含まれるメッシュ数

W_j : 第 j クラスター内の分散共分散行列

で、 ψ^* が最も急激に減少したときの l を最適とする。

のクラスター数 l に対する動きをみているが、いずれも③のBealeの F が最も敏感であるという結果が得られている。図2-6の昭和45年：高崎市域500mメッシュのクラスターリング(Ward法)の場合の4指標の動きを図2-7に示したが、この場合も、Bealeの F 値の急増点($l=3$)が、他指標の極値、急増点或いは急減少点に比して極めて明確であることがわかる。従って以後の分析ではBealeの F 値を最適クラスター数の基準として用いる。なお、分析の過程で、最適のクラスター以外に2番目に良いクラスターも示した方が、現実的な意味付けがし易い場合が見られたのでこれも考えることにし、前者を1st bestのクラスター、後者を2nd bestのクラスターと呼ぶ。図2-7では、2nd bestは $l=6$ である。

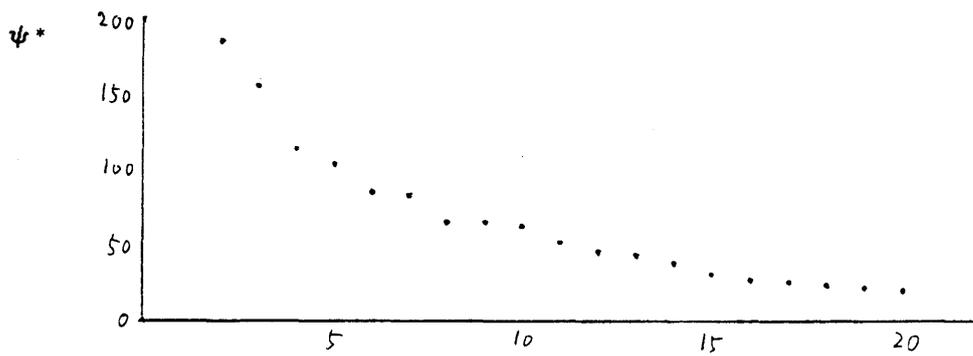
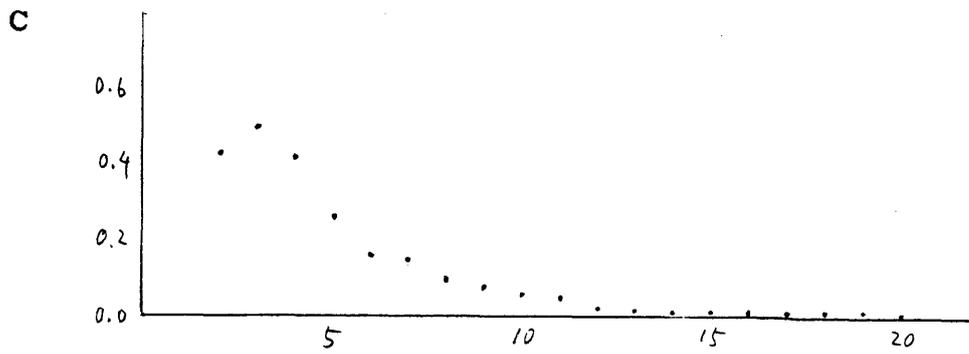
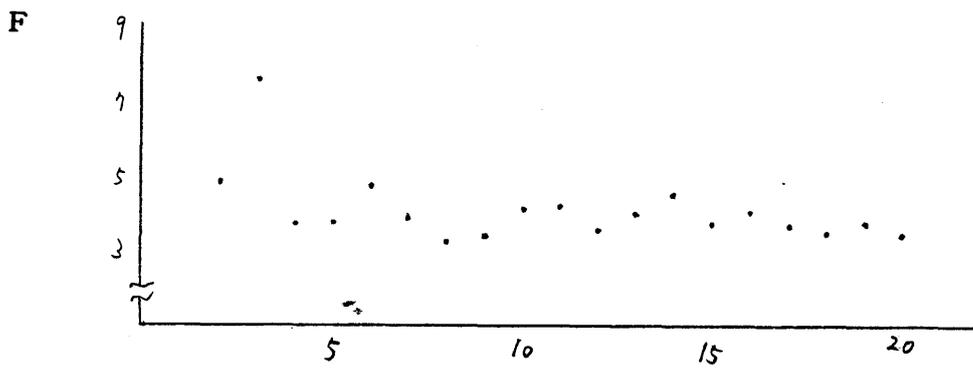
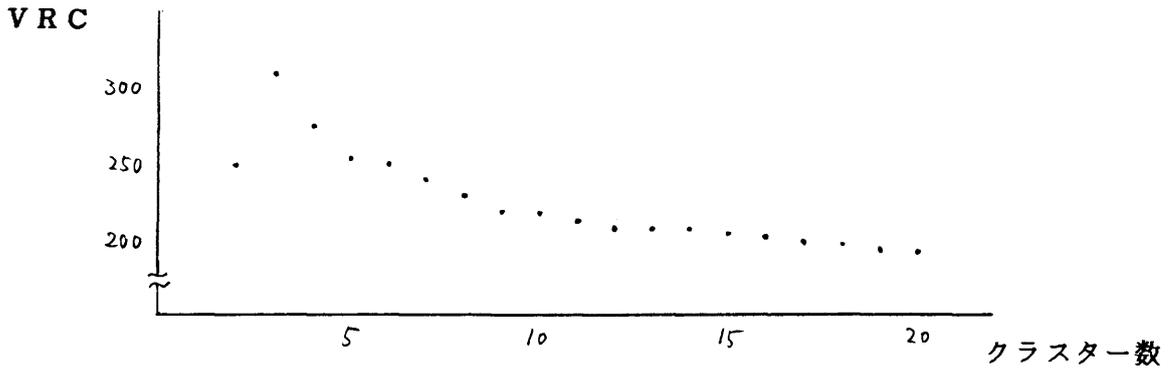


図2-7. クラスター数評価基準指標の動き (高崎市域 昭和45年)

2-3-2. 同質地域の比較検討のための判別分析手法

クラスタリングにより同質地域を分類することが可能になるわけであるが、実際の問題では、単に分類するのみではなく、同じ都市内における土地利用パターンの時間的変化或いは都市間相互におけるパターンの比較が必要になることがある。この問題について例えれば、異なる年度間なり異なる都市間で個々にクラスタリングを適用してパターンを比較する方法が考えられるが、年度間或いは都市間で分類の基準が異なってしまう思わしくない結果となることが多い。例えれば、同じ高崎市において昭和45年と比較する代わりに昭和54年の500mメッシュデータに対しクラスタリングをかけた場合、図2-6と比較し、市街地的地域であると目される第1群に分類されるメッシュが減るという現象が起こる。もちろんこれは実際に矛盾する事柄ではないのであって、表2-7に対応する各群別の用途比率を調べてみれば、第1群の都市的用途(住居、商業、公共、道路)は、昭和45年に比して昭和54年では大きく増加している。つまり、昭和54年においては市街化が進んだ結果、全体の中でもやはり、きりと都市的性格をもつメッシュが第1群に分類されるようになり、その基準の「厳しさ」からメッシュ数が減少したと説明できる。しかしながらこれは、「市街化の広がり」を都市的地域の拡大でとらえる」というごく自然な立場から言えば回りくどく、直観に訴える方法と

は言い難いのである。

また、年度間あるいは都市間で、一方のデータ或いは両者をプールしたデータに因子分析をかけ、その因子得点の分布を観察する方法も行なわれているが、土地利用データの場合は、前述の問題点があることからふさわしくないと言える。

このような問題点を克服し、基準をそろえて年度間或いは都市間のパターンを比較するため、次節の分析では以下の手順を用いる（初出は文献²²）。

- i) クラスターリング（前述のとおり Ward 法、最適性の基準としては Beale の F 値）により A 市・K 年のメッシュをまず分類する。
- ii) i) で得られたクラスターについて 2 群毎に判別関数（線形に限定）及びその境界値を求める。
- iii) ii) の判別関数、境界値に従って A 市・K 年のメッシュを再分類し、かつ同じ基準で、A 市・L 年のメッシュ、B 市・K 年のメッシュ等比較したいサンプルを分類する。

すなわち、一担クラスターリングで分類したものの判別関数により基準を抽出し、比較する全部をその基準で分類しようというわけである。ii) 以降のステップについて図 2-8 にグループ数（このようにして最終的に分けられたメッシュ群を以後「グループ」と呼ぶ）が 3 個の場合を例示した。2 群判別関数はこの場合図のように 3 本

* クラスターリングの場合にしろ、1st best のクラスターを基準にして得られた分類を 1st best の分類、又、2nd best のクラスターを基準にしたものを 2nd best の分類と呼ぶことにする。

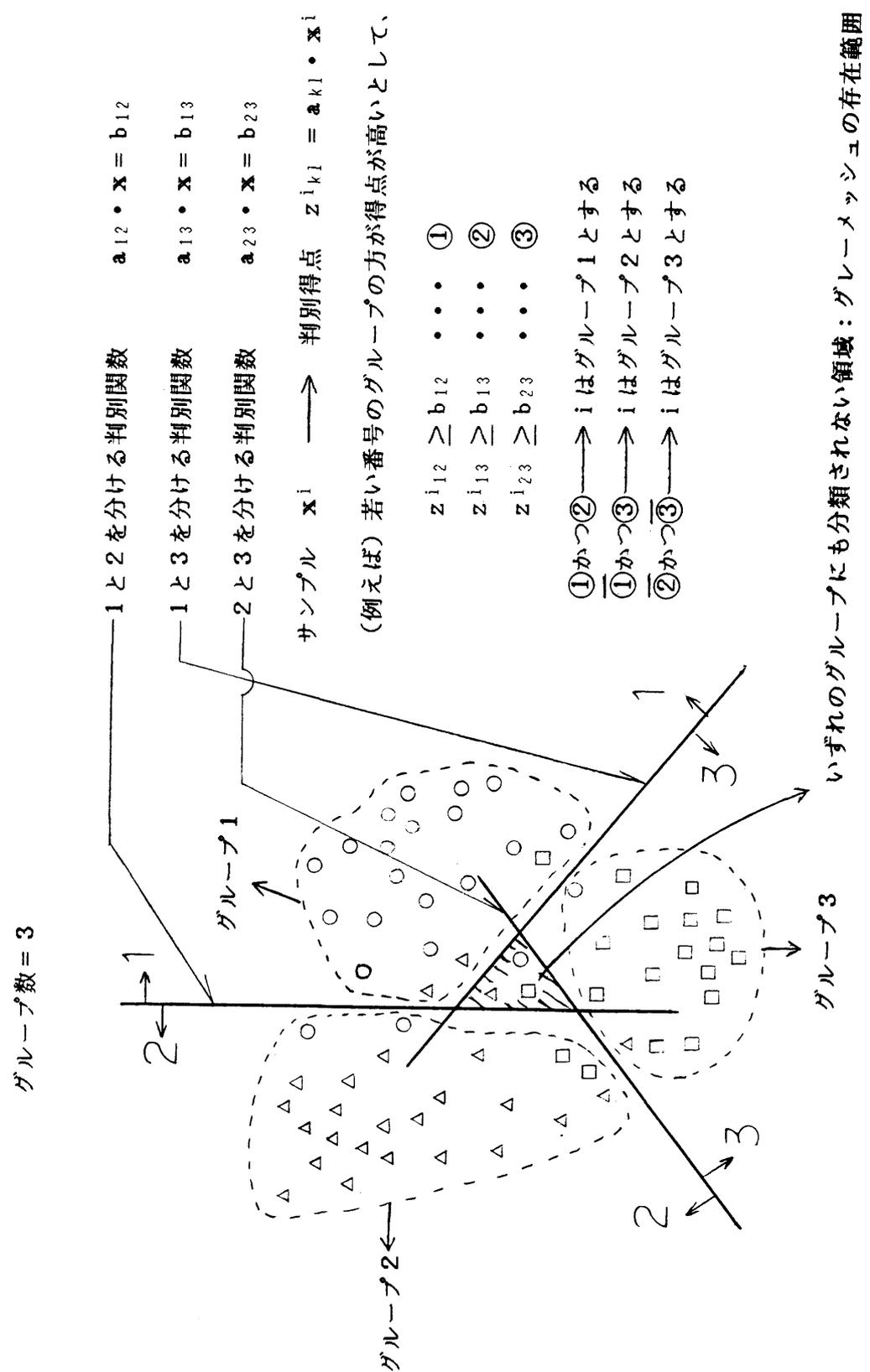


図2-8. クラスタ分けと2群判別の模式図 (グループ数 = 3の例)

求められ、夫々1群と2群、1群と3群、2群と3群を判別する。
 iii) のステップでは、図の右側に示したように夫々の群に対して2つの不等式を同時に満たす領域にある点のみをそのグループに属するとするわけである^{*}。グループ数が多いと当然満たすべき不等式の数は増えてくる(表2-8は6個の場合を示す)が、第長グループに分類される点とは「長群とその他の任意のj群($j \neq \text{長}$)との判別境界に対して長群側に寄っているもの」であると考えれば理解は容易である。

ii) のステップで多群判別を行なえば、iii) のステップは上記よりいくぶん簡単になるのだが、本分析では採用しない。なぜならば、上記のステップの方が、多群判別よりはるかに効率が良いからである。実際、前述の高崎市昭和45年の3群について、判別前の群と、判別閾数をもめて再分類した判別後のグループのクロス集計を行なった表2-9(多群判別)と表2-10(2群判別)を比較すれば、多群判別は比べて、2群判別の場合の方が、誤判別の割合が半分以下になっていることが読みとれる。このことは、多群判別の場合、同一の方向を持つた平面或いは直線が境界をなすため、判別境界の線形性が仮定されているのに対し、2群判別をすべての群のペアに対して行なう上記の方法では、判別境界は多面体又は多角形となり、非線形な境界もある程度近似できることから考えて当然と言える。

*) いずれのグループにも分類されないメッシュについては後述。

表 2-8 . 複数の 2 群判別関数によるグループ分けの方法 (グループ数 = 6 の例)

グループ数 = 6

$z^{i_{12}} \geq b_{12}$	O	X			
$z^{i_{13}} \geq b_{13}$	O		X		
$z^{i_{14}} \geq b_{14}$	O			X	
$z^{i_{15}} \geq b_{15}$	O				X
$z^{i_{16}} \geq b_{16}$	O				X
$z^{i_{23}} \geq b_{23}$		O	X		
$z^{i_{24}} \geq b_{24}$		O		X	
$z^{i_{25}} \geq b_{25}$		O			X
$z^{i_{26}} \geq b_{26}$		O			X
$z^{i_{34}} \geq b_{34}$			O	X	
$z^{i_{35}} \geq b_{35}$			O		X
$z^{i_{36}} \geq b_{36}$			O		X
$z^{i_{45}} \geq b_{45}$				O	X
$z^{i_{46}} \geq b_{46}$				O	X
$z^{i_{56}} \geq b_{56}$				O	X
	↓	↓	↓	↓	↓
	グ	グ	グ	グ	グ
	ル	ル	ル	ル	ル
	ー	ー	ー	ー	ー
	プ	プ	プ	プ	プ
	1	2	3	4	5
					6

但、O …… 成立

X …… 否定が成立

表 2 - 9. 判別前後の群別メッシュ数と構成比 (%)
 : 多群判別の場合 (昭和45年 1st best)
 判 別 後

		1	2	3	計
判 別 前	1	100 (62.9)	48 (30.2)	11 (6.9)	159 (100.0)
	2	28 (16.4)	138 (80.7)	5 (2.9)	171 (100.0)
	3	0 (0)	0 (0)	46 (100.0)	46 (100.0)

表 2 - 10. 判別前後の群別メッシュ数と構成比 (%)
 : 2群判別の場合 (昭和45年 1st best)
 判 別 後

		1	2	3	グレー	計
判 別 前	1	131 (82.4)	17 (10.7)	10 (6.3)	1 (0.6)	159 (100.0)
	2	5 (2.9)	159 (93.0)	7 (4.1)	0 (0)	171 (100.0)
	3	0 (0)	0 (0)	46 (100.0)	0 (0)	46 (100.0)

この手法の欠点としては、図2-8の中央の部分に注目すればわかるとおり、どのグループにも分類にされないメッシュを残してしまう可能性があることである。これを以後グレーメッシュと呼ぶことにする。実際、表2-10に示すとおり、高崎市、昭和45年、3群の例ではグレーメッシュが1つ出現する。しかし、実際にどのグループともつかない性格の曖昧なものを無理に分類する必要はない。という立場に立てば、グレーメッシュの存在は自然なことで考えてよいように思う。

以上、若干の問題点はあるながら、i) ~ iii) のステップで示される分析方法は、土地利用パターンの都市間、年度間比較に有効であることが期待される。次節では、高崎市における昭和45年と54年の比較、高崎市と東京区部の比較をこの手法で行った結果について考察する。

2-4. 高崎市及び東京都区部におけるケーススタディ

2-4-1. 高崎市全域における土地利用パターンとその変化

前節の手法を、高崎市全域にあたる500mメッシュについて適用する。最初のクラスタリングの段階でBealeのF値による最適のクラスタ数は図2-6に示したとおり3個と判断される。第二段階の判別関数の抽出、第三段階のそれによる分類のステップを経て得られるグループ分けは、昭和45年については図2-9、同54年については図2-10の如くに、夫々のグループ別土地利用比率の平均は、表2-11、表2-12の如くなる(1st bestの分類)。表より、各グループの性格としては、

グループ1: 住居用地、商業用地、公共用地、道路とい、た都市的な土地利用の比率が他のグループに比べて高く、農業用地+山林・原野の比率が低い。ほぼ、土地利用の側面から見た市街地であると考えられる。

グループ2: 圧倒的に農業用地が多い。ほぼ農村部と考えてよい。

グループ3: ほぼ山林・原野等と解してよいだろう。

とすることができると言える。

このことを念頭に地図上のパターンを見てみよう。昭和45年のグループ2すなわち土地利用の側面から見た市街地は、昭和35年DID、南東部の倉賀野^{*}、北部の井野、西部の群馬八幡などの駅周辺に

*) 以下、地名等については第1章のデータについての節の市域図(図1-5)を参照。

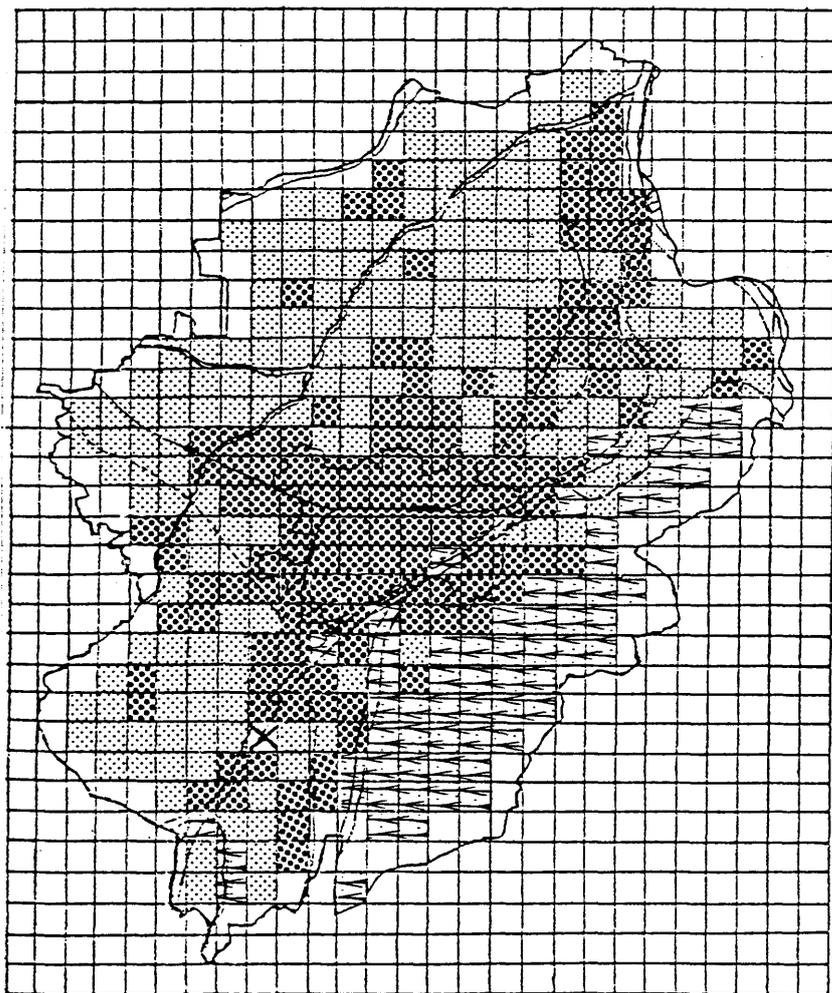


図2-9 昭和45年、1st bestの地域分類 (図はグレメッシュ)

表2-11. グループ別平均土地利用率 (%) (昭和45年 1st best)

	住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	22.1	4.8	9.2	6.1	31.0	1.2	8.9	1.9	3.1	3.4	8.2
2	10.4	1.1	1.8	1.5	71.4	0.2	5.8	0.1	2.3	1.0	4.5
3	4.7	1.0	0.2	1.9	21.0	0.5	3.7	0.1	1.6	2.1	63.3

但、運供：運輸・供給施設用地，未利：未利用地，山原：山林・原野・荒地・湿地

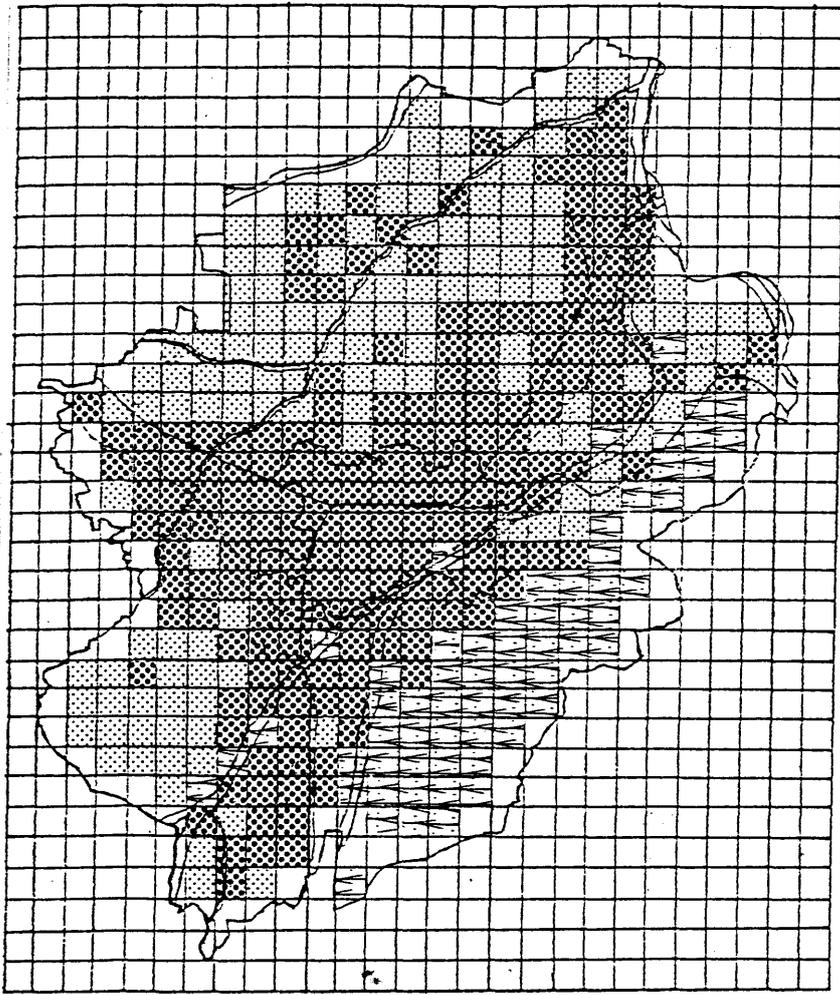


図2-10 昭和54年、1st bestの地域分類

表2-12. グループ別平均土地利用率 (%) (昭和54年 1st best)

	住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	26.2	5.3	7.1	6.8	25.9	1.9	11.2	1.5	2.7	4.1	6.7
2	12.1	1.2	1.5	2.3	63.7	0.6	9.2	0.1	2.6	1.3	4.6
3	6.8	1.0	0.4	3.0	15.5	0.4	4.7	0.1	1.6	2.9	63.5

但、運供：運輸・供給施設用地，未利：未利用地，山原：山林・原野・荒地・湿地

見られ、外縁部の部落中心の一部もこのグループに含まれていることもあって、当時点での市街化の多核的な有様が見てとれる。それが昭和54年となると、北、西、南東方向へとセクター状に市街化が進行し、中心核及び周辺核の膨張と相互の連担化傾向が顕著になっていると言えよう。当該9年間における市街地の拡大の有様が土地利用の側面からも確認できるわけである。

ところで、2-3-2節の終わりで述べたように、上述の1st bestの分類では、今の場合やや大まかすぎると思われる。そこで次に、最初のクラスタリングの段階で2nd bestのクラスター（クラスター数は6コなので1st bestを細分する形となる）を使って行った同様のグループ分けを、図2-11（昭和45年）、図2-12（昭和54年）に示す（2nd bestの分類）。対応する表は表2-13、表2-14のとおりで、各グループは、

グループ1：1st bestのグループ1と同様な性格を示すが、都市的土地利用の比率はより高く、より性格の強い市街地。

グループ2：住居用地は5グループ中2位だが、それ以上に農業用地も存在するいわば市街地予備軍、又はスプロール地域。

グループ3：1st bestのグループ2とほぼ同様だが、農業用地の比率はそれより高い、より純粋な農村部。

グループ4：他グループに比べ工業用地が卓越する工業特化地域。

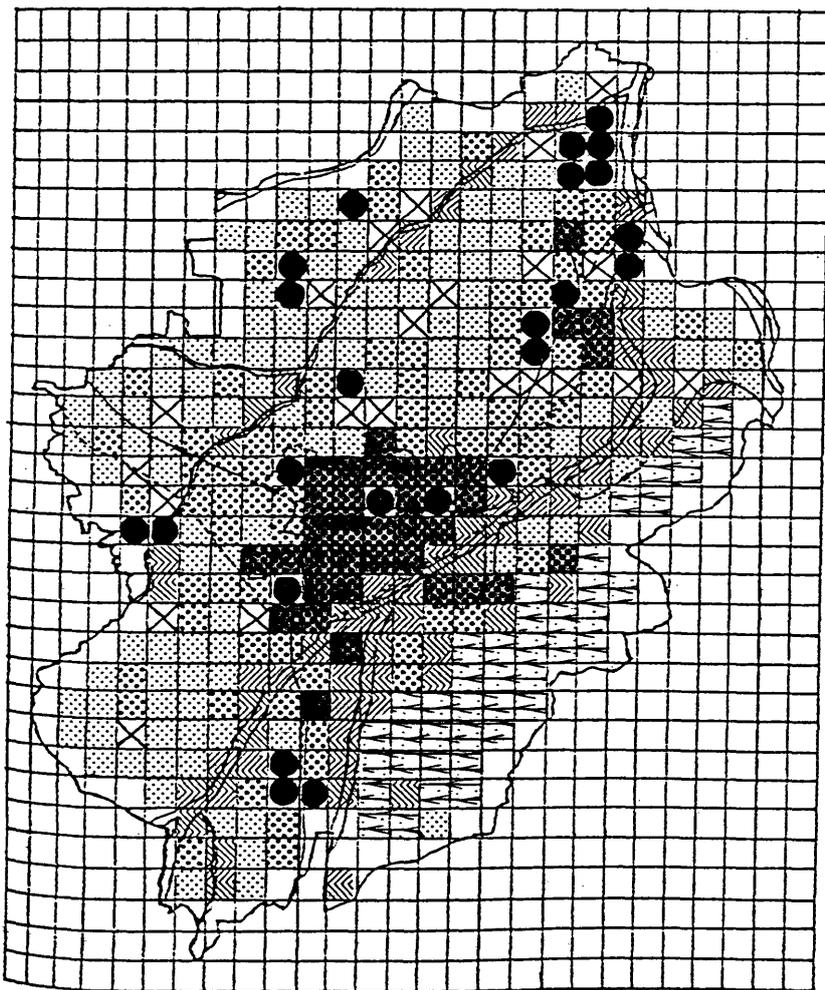


図2-11. 昭和45年、2nd bestの地域分類 (図はグレースケール)

表2-13. グループ別平均土地利用比率 (%) (昭和45年 2nd best)

	住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	32.1	10.9	6.7	11.7	13.8	2.7	12.2	2.2	1.4	2.9	3.1
2	21.5	3.2	1.9	2.4	51.1	0.3	8.2	1.2	1.2	1.8	4.3
3	9.0	0.5	0.5	0.9	77.3	0.2	5.6	0.1	1.9	0.8	3.0
4	9.3	2.7	37.9	3.9	25.8	1.1	6.4	2.0	2.4	2.1	6.6
5	11.7	1.0	0.8	4.9	40.3	0.8	5.9	0.2	6.6	1.3	26.5
6	2.5	1.0	0.0	0.6	13.8	0.1	2.7	0.0	0.3	2.0	77.0

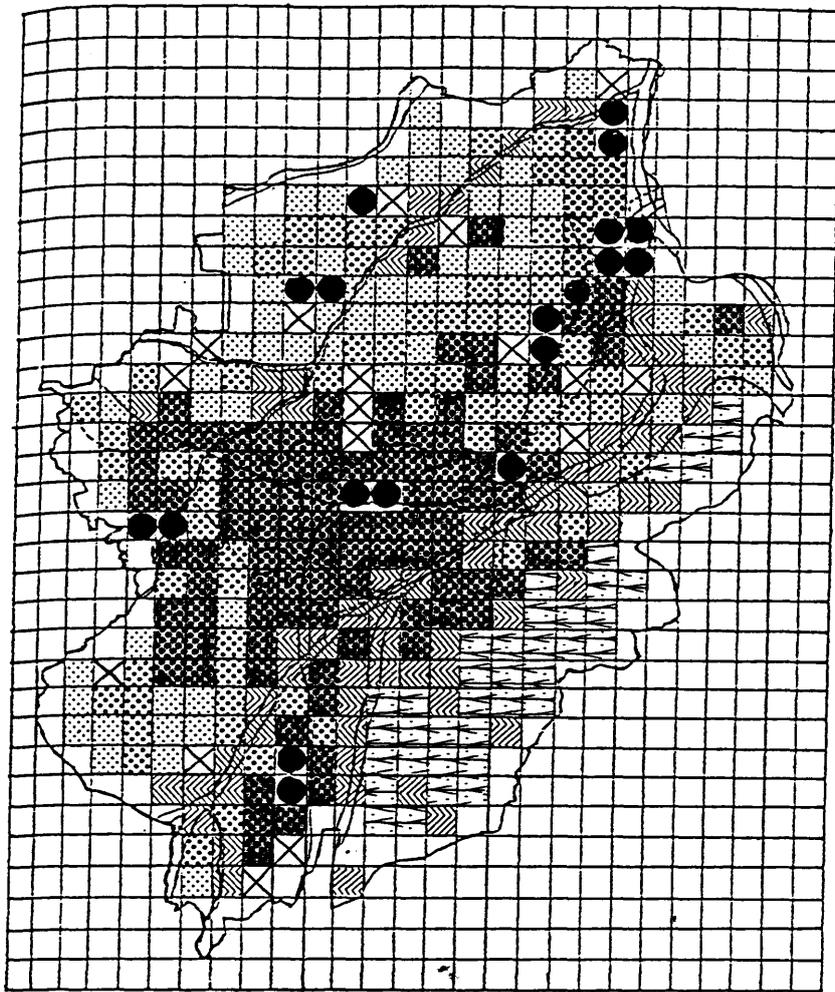


図2-12. 昭和54年、2nd bestの地域分類 (図はグレースケール)

表2-14. グループ別平均土地利用比率 (%) (昭和54年 2nd best)

	住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	31.4	6.9	4.9	8.1	22.4	2.5	12.3	1.7	1.4	4.4	2.9
2	23.2	2.7	1.9	2.6	49.1	0.8	10.6	0.7	1.7	2.8	3.5
3	9.0	0.6	0.7	1.1	72.7	0.5	8.9	0.1	2.0	1.1	2.9
4	9.9	4.7	35.1	6.1	18.0	1.9	8.1	2.1	2.7	3.6	7.2
5	12.4	1.0	1.1	6.5	33.7	1.0	7.6	0.2	6.4	3.1	26.7
6	3.3	1.1	0.2	1.3	9.5	0.2	3.6	0.0	0.4	1.4	78.6

グループ5：中程度の比率を示す各用途の中で、河川のみ他グループから卓越する河沿いの地域。

グループ6：1st bestのグループ3にほぼ相当する山林・原野等の地域。

と位置付けられる。このように、1st best と比べて、市街地と農村部との中間的な地域（グループ2）、工業に特化した地域（グループ4）、河川と関連づけられる地域（グループ5）が新たに分類されてくる。一方では、市街地（グループ1）、農村部（グループ3）とも1st bestのものに比べてその中核とみられる部分が抽出されているのである。

さて、昭和45年のパターンをみると、グループ1がほぼ、昭和35年DID内及び倉賀野駅周辺の地域に限られ、土地利用の側面から見た厳密な意味での市街地はこの程度の広がりであったことがわかる。そしてその周辺あるいは外縁部の集落中心と目されるような部分にグループ2が存在、市街地予備軍を形成している（グループ1, 2, 4でほぼ1st bestのグループ1に相当）。純農村部のグループ3はこの時点ではまだ周辺部に広く分布している。グループ4は昭和35年DID内にも周辺部にもあるが、東部のものを除いては集塊性が弱く散在していると言、てよい。以下、グループ5は当然ながら河川に沿い、グループ6は図2と同様、南西部の丘陵地を示す。

とい、たところである。一方の昭和54年は、河川周辺のグループ5と山林・原野等のグループ6はほぼ変化のないものの、市街地であるところのグループ1が、前時点の市街地予備軍をとりこむ形で大きく拡大し、さらにその周辺に新たな市街地予備軍の発生をみていることがわかる。農村部にあたるグループ3は、東部あるいは西部に追いやられた格好となっている（なお、グループ4の変化については、東部においては元工場跡地の公園化、中心部においては上越新幹線の着工という特殊な要因が影響しているものである）。

以上、市全域の土地利用パターンの変容についてまとめれば、昭和45年においては、市街地は多核的な分布形態をしており、その中でも中心核となる部分の存在が認められるが、昭和54年には核相互の連担化傾向がみられ、セクター性の強い構造へと移行していると言ふことができよう。

2-4-2、高崎市・昭和35年DID内における土地利用パターンとその変化。

上述の市域レベルの分析においては、旧市街地と目される昭和35年DID内については、昭和45年でも、昭和54年でも一括して市街地グループに分類されている。しかしながら、市域レベルの大局的な見方を離れて、昭和35年DID内を全体として捉える場合、この

地域自身の内部構造は、そう同質的であるというわけでもなさそうである。これを探るために、昭和35年DID内部を対象として、市全域より細かい250mメッシュで同様の分析を試みた結果について述べることにする。

最初のクラスタリングの段階で、1st bestのクラスター数は5となり、適当な数であったので1st bestについてのみ示すことにする。図2-13(昭和45年)、図2-14(昭和54年)がそれである。グループ別の平均土地利用比率は表2-15、表2-16の如くなる。各群の性格としては、

グループ1：商業用地が他群に比べ卓越。住居用地は5群中2位。公共用地が中程度で、道路率も高く、いわば商業中心地。

グループ2：住居用地が卓越。商業用地、公共用地は5グループ中2位。住宅中心の市街地。

グループ3：公共用地が5グループ中1位。他の土地利用では特に目立ったものはなく、公共施設を伴う市街地。

グループ4：工業用地、運輸・供給施設用地、鉄道が他の群に比べて卓越する。ほぼ、工業地帯及び鉄道周辺の市街地。

グループ5：卓越用途は河川、山林・原野等。公共用地以外の都市的土地利用の比率は全般に低く、河沿いの地域。

と言えよう。

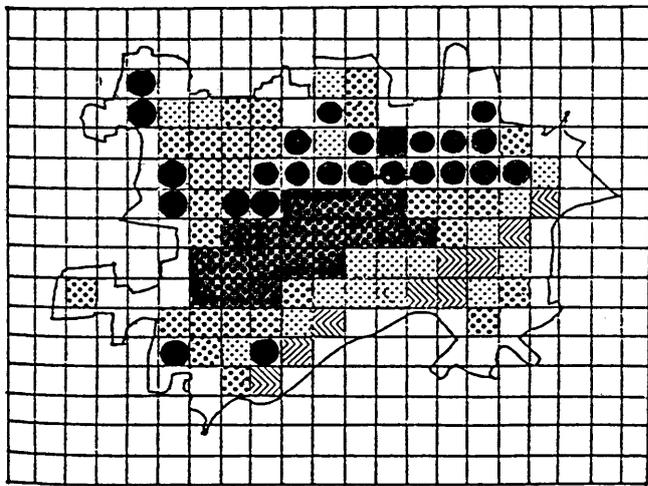


図2-13. 昭和35年D I D内昭和45年土地利用による地域分類

表2-15. グループ別平均土地利用比率 (%)

(昭和35年D I D内の昭和45年土地利用比率 1st best)

	住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	23.8	36.6	4.3	12.9	0.3	2.8	17.1	0.0	0.3	1.8	0.1
2	45.6	11.1	5.8	8.7	9.1	1.1	12.7	1.0	1.2	2.3	1.1
3	21.6	5.5	4.9	38.3	9.1	0.8	10.5	0.0	3.1	1.0	5.1
4	23.8	8.6	27.3	4.3	3.3	7.5	12.0	8.5	0.8	2.5	1.3
5	8.8	2.7	2.4	13.6	3.7	1.0	4.4	0.0	18.2	0.8	39.4

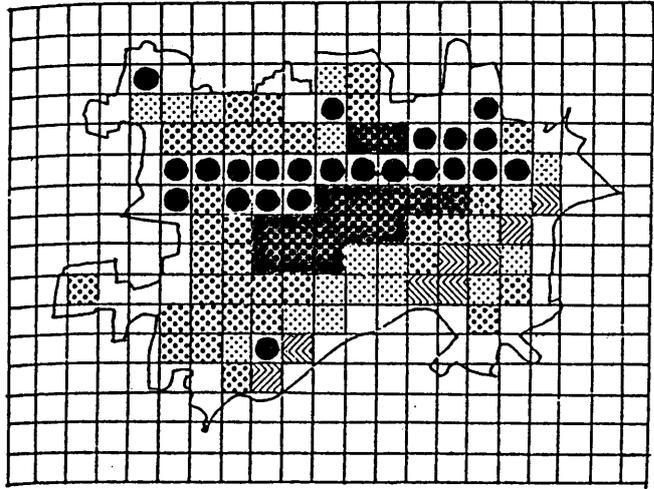


図2-14. 昭和35年D I D内昭和54年土地利用による地域分類

表2-16. グループ別平均土地利用比率 (%)

(昭和35年D I D内の昭和54年土地利用比率 1st best)

	住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	27.9	32.7	2.4	10.0	0.0	3.5	19.5	0.1	0.3	2.9	0.1
2	50.6	8.3	5.4	8.9	4.3	1.6	15.1	0.2	1.0	2.7	0.7
3	21.5	5.2	2.9	40.5	6.8	0.9	11.2	0.1	2.4	2.5	5.7
4	23.9	7.3	22.4	2.1	2.6	7.0	12.5	8.7	0.6	11.5	0.8
5	9.5	1.8	1.9	11.8	4.4	0.1	9.3	0.0	12.6	1.8	46.9

パターンの変化を見てみよう。昭和45年においては、高崎駅から北西方向に商業中心と目される地域（グループ1）がセクター状に伸び、その周囲に住宅中心の市街地（グループ2）及び公共施設を伴う市街地（グループ3）がはりつき、グループ4は鉄道沿線周辺に集塊あるいは北部に分散、グループ5はちょうど河川路に対応、という構造をなしている。一方、54年に目を移せば、上越新幹線の着工で微妙に変化したグループ4、ほぼ変化のないグループ3、5とは対照的に、商業中心を意味するグループ1は、高崎駅の南あるいは東で少しばかり新たに出現するものの、北西部で広範囲にわたりグループ2へと移行し、昭和35年DID内全体でのメッシュ数自体も減少している。これがいわば両時点と比較しての本質的な変化で、その結果、昭和54年のパターンはセクター性の薄らいだものとなっている。すなわち、少なくとも高崎市においては、一口に昭和35年DIDと言っても、商業核として堅固さのある中心部と、土地利用の側面から見れば、経済的停滞あるいは衰退が予測されるその周辺部という、明確な異質分化傾向が見てとれると言えよう。

2-4-3. 高崎市の土地利用パターンと東京23区の利用パターンの比較分析

異なる都市間の比較も同様な方法で可能である。地方中核都市で

ある高崎市の昭和45年の土地利用パターンの分類基準を大都市・東京区部の昭和56年の土地利用（第一章で述べたとおりの500mメッシュデータ）に適用した場合、いかなるパターンが現出するであろうか？高崎市で市街地的と似た地域と同程度の地域は、東京区部ではどれくらいの広がりをもっているであろうか？—この問いに答えるのが図2-15と表2-17（高崎市全域に対する1st bestの分類基準で分けた東京都区部の分類図とグループ別土地利用比率表）、図2-16と表2-18（高崎市全域に対する2nd bestの分類基準で分けたもの）及び図2-17と表2-19（高崎市昭和35年DI D内に対する1st bestの基準で分類したもの）の各ペアである。

図2-15では45年の高崎市域を最もクリアに分類する基準で56年の東京区部を3分類したわけであるが、一見してのとおり、ほとんどが市街地を示すグループ1に分類されている。当然と言えば当然のこと、昭和45年の高崎市の市街地程度に都市的土地利用をもった地域は、昭和56年の東京区部においてはほぼその全域であると言ってよいということも意味しているわけである。その他の2群は港湾部や周辺区にわずかに見られるだけである（表2-17より、グループ2の意味するところは高崎のそれとは若干異なり、運輸・供給施設や河川、港湾*）沿いの地域となっている）。

図2-16 — 高崎市の2nd bestの分類基準に合わせて東京区部

*）東京都のカリコリーでは鉄道の範疇に港湾が含まれていることに注意。



図2-15. 高崎市域・1st best の基準で分けた東京区部

表2-17. グループ別平均土地利用比率 (%)

(高崎市域・1st best の基準で昭和56年東京区部を分けたもの)

		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	＊	32.9	8.0	5.2	12.3	2.9	3.3	18.3	2.4	6.5	9.0	0.6
2	□	6.3	1.6	5.1	6.4	0.9	12.8	10.3	5.2	18.4	5.8	0.4
3	△	18.2	1.2	1.3	8.4	9.3	3.6	15.1	0.0	0.1	15.5	28.7

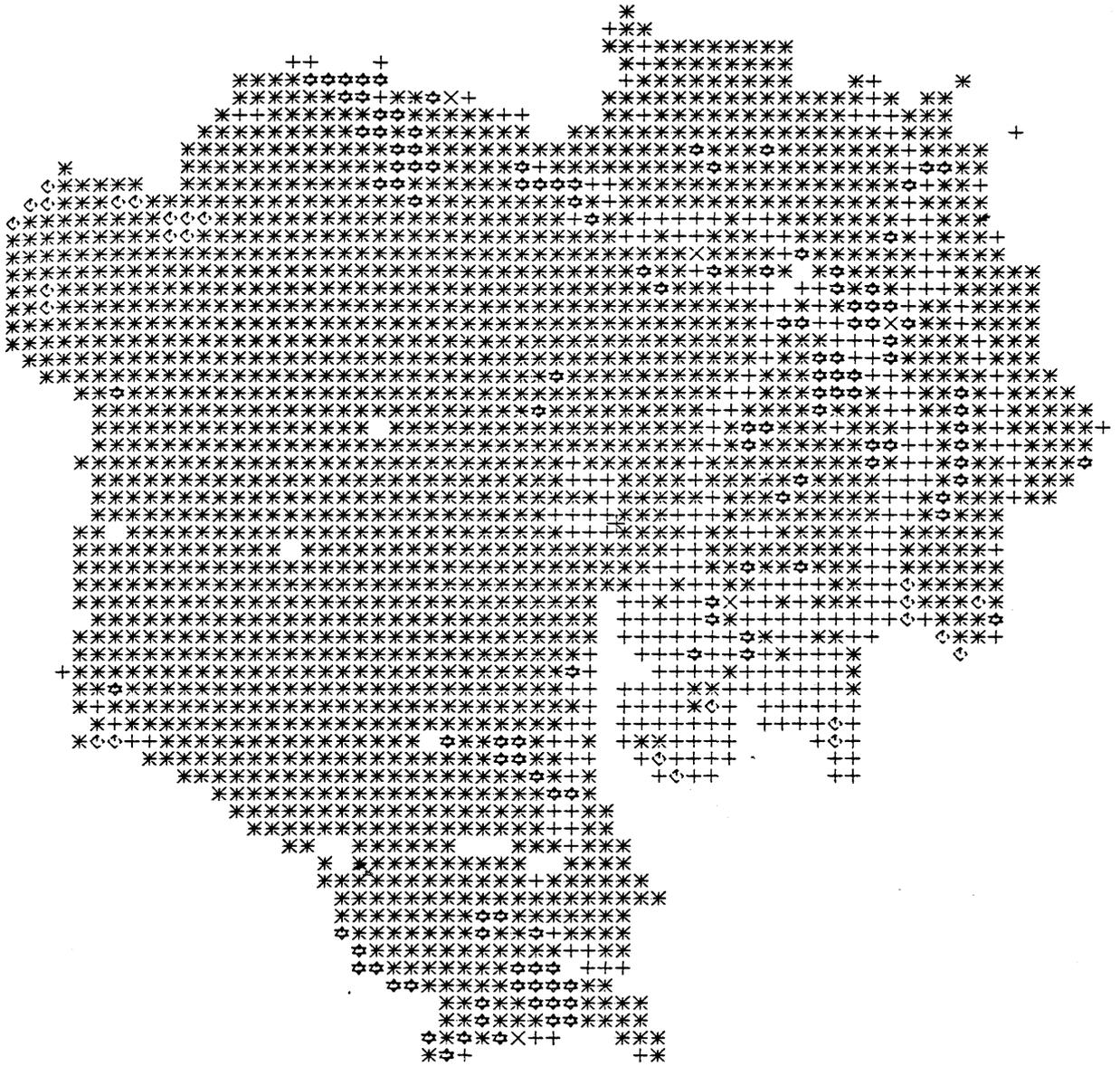


図2-16. 高崎市域・2nd best の基準で分けた東京区部

表2-18. グループ別平均土地利用比率 (%)

(高崎市域・2nd best の基準で昭和56年東京区部を分けたもの)

		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	*	37.0	8.8	3.8	13.0	3.1	3.1	17.1	2.8	1.5	7.8	0.5
2	◇	17.5	1.3	0.9	3.0	19.6	0.9	9.5	0.0	1.3	45.1	0.4
3		該当メッシュなし										
4	☆	22.8	6.5	28.9	7.9	0.3	3.9	14.9	1.0	5.3	7.6	0.4
5	+	8.0	2.6	3.6	9.5	1.4	5.9	11.6	1.4	40.4	13.0	1.7
6		該当メッシュなし										

の6分類を試みたもの — でも同様の傾向が出ている。市街地を示すグループ1が区部全域に広がり、その他の群に分類されるメッシュは少なく、特に農村部を示すと目されたグループ3、山間部に対応するグループ6に該当するメッシュは皆無である。しかし、23区の中でも、農用地・未利用地が残る、練馬区・江戸川区の一部はグループ2、工業的用途の多い、墨田区・大田区・板橋区の各小地域はグループ4、海岸部・荒川・中川放水路・堀の部分などはグループ5として夫々抽出されている。

これに対して、高崎市の昭和35年DID内を最適に分類する基準で東京区部を分けた図2-18は、区部の都市構造を適確にとらえている。商業・業務地域と目されるグループ1は中央・千代田・港・台東の都心区といわゆる副都心に集塊し、住宅地を意味するグループ2は西部の山の手地域一帯に大きく広がり、公共施設用地が他群に比して多いグループ3は皇居・霞ヶ関付近に塊が見られ、他、大学・区役所等の所在地に対応して区部各所に点在し、工業用地の多いグループ4は荒川・墨田・江東・板橋・北・大田・足立・葛飾・江戸川の各区に塊がみられ、河川・海沿いの地域を表わすグループ5は東京湾岸及び荒川をほゞきりした形で形成している。— といった具合である。一般的に言われている東京区部の構造が、高崎市の昭和35年DIDを眺めるのと同じ基準の下で浮かび上がってくる。



図2-17. 高崎市昭和35年D I D内・1st best の基準で分けた東京区部

表2-19. グループ別平均土地利用比率 (%)

(高崎市昭和35年D I D内・1st best の基準で昭和56年東京区部を分けたもの)

		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	米	15.4	27.8	3.4	12.1	0.0	3.3	27.9	2.7	2.0	4.9	0.0
2	屋	49.8	7.5	2.5	9.5	4.2	1.3	16.1	1.6	0.5	6.1	0.4
3	平	19.7	4.4	4.5	26.8	2.3	3.0	13.9	1.7	11.5	8.9	1.2
4	☆	22.2	6.2	12.1	7.0	2.5	8.1	17.1	4.8	3.6	15.2	0.4
5		2.1	0.4	1.5	4.7	0.2	1.8	4.0	1.2	66.0	7.1	2.3

最後にこれを、次に示した図2-18、図2-19と比較していただきたい。図2-18は、昭和56年・東京区部の500mメッシュを直接クラスタリングした結果で1st bestのクラスター(13群)、図2-19は2nd bestのクラスター(6群)である。東京区部を最適に分けるとすれば、13個もの地域類型を考えねばならないということで、区部の多様性を感じざるを得ないが、そのいくつかの群をまとめる形で、地図の上では見やすくなった2nd bestの6分類と図2-17を比べれば、両者が極めて似かよっていることに気付く。表2-21の第5クラスター(運輸・供給施設と河川・港湾用地がミックされたクラスター)を第4クラスターと第6クラスターに適当に振り分ければ、図2-19は図2-17とほぼ一致すると言ってもよい位である^{*}。東京区部を特に外的基準を与えずに似た地区同士を結合させて得られたかなりよい(2nd best)分類パターンが、高崎市の昭和35年DID内を最適に分類した基準でもって分けたパターンと酷似するわけである。地方中核都市の古くからの既成市街地が面的構造においては東京区部の内容を含んでいる。あるいは逆に、東京区部はたしかに複雑なパターンをなしているのだが、やや大まかに分類すれば、地方中核都市の既成市街地程度の多様性でとらえ得、そのみを肥大化させたものに過ぎない。といったことが示唆されている、と言えは言い過ぎであろうか。



図2-18. 東京区部・昭和56年土地利用の1st best のクラスター

表2-20. クラスター別平均土地利用比率 (%) (東京区部 昭和56年 1st best)

		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	✳	13.1	27.3	6.1	11.1	0.0	3.1	29.3	3.1	2.2	4.8	0.0
2	⊗	41.4	10.1	5.6	12.3	0.9	2.2	18.0	2.5	0.6	6.0	0.4
3	⊠	60.5	7.3	1.7	7.4	0.5	0.9	15.7	1.0	0.4	4.4	0.2
4	⊗	45.6	5.3	2.8	8.0	10.8	1.6	15.0	0.8	0.5	8.5	1.1
5	⋈	33.9	5.7	3.1	36.0	0.7	1.2	13.7	0.7	0.7	4.1	0.3
6	⊕	6.8	4.6	0.9	61.9	0.8	1.4	11.4	1.5	5.3	4.8	0.3
7	⊛	20.7	5.5	30.4	8.4	0.3	4.3	14.5	1.2	5.3	7.0	1.0
8	△	27.5	7.4	5.7	12.3	5.4	3.9	18.1	1.2	3.3	12.9	1.7
9	□	3.2	2.8	3.3	5.3	0.1	43.6	17.0	8.7	5.6	9.0	0.8
10	+	9.2	3.0	6.9	9.3	0.3	10.4	12.3	1.0	32.3	7.2	0.8
11	⊗	6.4	4.2	1.7	3.7	0.1	5.4	11.2	56.4	3.3	4.1	0.0
12	◇	2.6	1.3	3.4	4.9	0.2	7.4	10.2	0.3	19.7	49.7	0.2
13		1.8	0.4	1.8	3.3	0.0	1.8	3.1	1.0	80.4	4.8	0.2



図2-19. 東京区部・昭和56年土地利用の2nd best のクラスター

表2-21. クラスター別平均土地利用比率(%) (東京区部 昭和56年 2nd best)

		住居	商業	工業	公共	農業	運供	道路	鉄道	河川	未利	山原
1	米	13.1	27.3	6.1	11.1	0.0	3.1	29.3	3.1	2.2	4.8	0.0
2	住	49.4	7.6	3.3	9.2	3.9	1.6	16.2	1.5	0.5	6.2	0.5
3	商	23.1	5.3	2.2	46.3	0.7	1.3	12.8	1.0	2.5	4.4	0.3
4	工	26.3	7.1	10.2	11.6	4.4	3.9	17.5	1.2	3.7	11.8	1.6
5	公	6.3	2.7	4.8	6.8	0.2	11.9	12.0	9.7	21.7	19.4	0.5
6		1.8	0.4	1.8	3.3	0.0	1.8	3.1	1.0	80.4	4.8	0.2

2-5. 第2章のおわりに

以上、本章では都市内の土地利用のマクロな秩序性の分析というテーマの下に、

- ① 従来、よく行われてきた都市の内部構造分析(特に因子分析を中心とした手法)の方法を土地利用カテゴリカルデータに適用する際の問題点を指摘し、
- ② より問題の少なく、年度比較等も可能な、クラスタリングと2群判別を組み合わせた手法を提案し、
- ③ 高崎市の土地利用パターンの年度間比較、高崎市と東京区部のパターンの都市間比較を行なった。

わけである。提案した手法の有効性はケーススタディを通して立証されたと言ってよい。

また、分析の結果得られた知見としては、

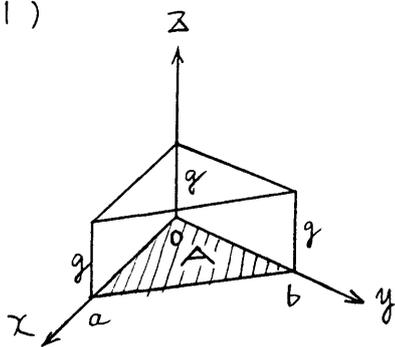
- ① 高崎市全域のパターンの変化より、昭和45年から54年にかけての市街地の連坦化傾向が確認された。
- ② 高崎市の昭和35年DID内に限定したパターンの変化より、上記年度間の同DID内での商業核とそうでない地域の異質分化傾向が見い出された。
- ③ 高崎市と東京区部の比較から、都市構造分類基準のレベルについて、高崎市の昭和35年DID内部の分類基準の東京区部を分

類する際の妥当性が了解された。

の了点を挙げる事ができよう。これらの知見のさらに社会的あるいは都市計画的意味については終章にゆずることとする。

第2章補注

(1)



一般に2次元の一樣な確率密度 $z \equiv f(x, y) = g$ が、左図の様な三角形領域 A

$$A = \left\{ (x, y) \mid 0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b, \frac{x}{a} + \frac{y}{b} \leq 1 \right\}$$

で定義されているときを考へる。

全確率 = 1 の条件は、

$$\int_A z \, dA = \int_0^{b(1-\frac{x}{a})} \int_0^a g \, dy \, dx = \frac{1}{2} abg = 1$$

座標軸のスケールには適当にとれば、 $A = \frac{1}{2} ab = 1$ とできるから、

結局の条件は、

$$g = 1$$

x, y の平均値 \bar{x}, \bar{y} は、

$$\bar{x} = \frac{\int_A x z \, dA}{\int_A dA} = \frac{\frac{1}{6} a^2 b g}{\frac{1}{2} ab} = \frac{1}{3} ag = \frac{1}{3} a$$

$$\bar{y} = \frac{\int_A y z \, dA}{\int_A dA} = \frac{\frac{1}{6} ab^2 g}{\frac{1}{2} ab} = \frac{1}{3} bg = \frac{1}{3} b$$

分散 V_x, V_y は、

$$V_x = \int_A (x - \bar{x})^2 z \, dA = \frac{120}{4320} a^3 b (2g^3 - 4g^2 + 3g) = \frac{1}{36} a^3 b$$

$$V_y = \int_A (y - \bar{y})^2 z \, dA = \frac{120}{4320} ab^3 (2g^3 - 4g^2 + 3g) = \frac{1}{36} ab^3$$

共分散 V_{xy} は、

$$V_{xy} = \int_A (x-\bar{x})(y-\bar{y}) \lambda dA = \frac{60}{4320} a^2 b^2 (4g^3 - 8g^2 + 3g) = -\frac{1}{72} a^2 b^2$$

と計算される。

これらより、 x と y の相関係数 r は、

$$r = \frac{V_{xy}}{\sqrt{V_x} \sqrt{V_y}} = -\frac{1}{2}$$

となる。

領域全体に瘦子一様分布が a 、 b によらず負の相関をもつということになり、定義域が A のような三角形であり確率密度が負の相関を孕みやすいことがわかる。2つの土地利用カテゴリーに対する制約条件は、正に A を定義する不等式でありことはいうまでもなからう。

(2) 組み合せ的手法について

Lance and Williams¹⁹⁾の命名によるもので、より広い範疇である階層的技法の中の1系列を成す手法である。まず階層的技法とは「クラスター同士が結合する際に一担あるクラスターに属したサンプルはそのクラスターを離れることがない即ち、クラスター間でサンプルの交換が起こらない手法」と言うことができる。厳密に表現すれば、今、 m 個のサンプルに1から m までの番号をつけ、クラスターリングを始める前の状態を個々のサンプルが1つ1つのクラスターである状態と考え、このように分類された状態を C_0 と書く。即ち、

$$C_0 = \{1, 2, \dots, m\}$$

と表現することができる。次に、クラスターを作る第一段階で、例えば1と2と3、4と5が夫々クラスターを形成したと考える。これと、

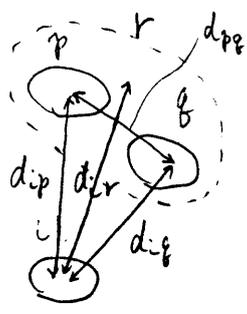
$$C_1 = \{1-2-3, 4-5, 6, 7, \dots, m\}$$

と表現する。ここで、1-2-3、4-5を C_1 の分類状態における要素と呼ぶ。以下、同様に m 回の結合の過程を経て $C_0, C_1, C_2, \dots, C_m$ という分類系列が得られる。階層的技法とは、「 C_{i-1} から C_i が C_{i-1} の要素によって得られる手法」とあると言えよ。例えば、 C_1 の次の段階の C_2 として、

$$C_2 = \{1-4-3, 2-5, 6, 7, \dots, m\}$$

のように一担できたクラスター内のサンプルの交換が起こるものは階層的でない手法ということになる。

さらに、この階層的手法のうち、例えば、第 p クラスターと第 q クラスターを結合して第 r クラスターを作る際に、その他の任意の



クラスターを s とし、クラスター間の距離を左図のように書くとき、「 dir が dip, diq, dpe のみから得られることができる」とき、これを組み合わせ的手法と呼ぶ。組み合わせ的手法は、操作がすっきりしており、コンピュータープログラムもそう

でない手法に比し、一般的に簡単になった。

第2章参考文献

- 1) Burgess, E.W. (1925) The City, ed. Park, R.E., Burgess, E.W. and McKenzie, R.D. Univ. of Chicago Press, pp. 47-62
- 2) Hoyt, H. (1939) The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities, Washington, D.C.: Federal Housing Administration
- 3) Harris, C.D. & Ullman, E.L. (1945) "The Nature of Cities", Annals, American Academy of Political and Social Science Vol. 242, pp. 7-17
- 4) 石水照雄 (1974) 都市の空間構造理論 大明堂 pp. 17-75
- 5) Johnston, R.J. (1976) "Residential Area Characteristics: Research Methods for Identifying Urban Sub-areas - Social Area Analysis and Factorial Ecology", Social Areas in Cities Vol. 1, ed. Herbert, D.T. and Johnston, R.J. John Wiley & Sons, Ch. 6 pp. 193-235
- 6) Timms, D. (1971) The Urban Mosaic: Towards a Theory of Residential Differentiation, Cambridge Univ. Press
- 7) 高野岳彦 (1979) 「東京都区部における因子生態研究」
東北地理 31-4 pp. 250-259
- 8) 山口岳志 (1976) 「札幌市の社会地域分析—因子生態学的研究—」
東京大学教養学部人文科学科紀要 62 (人文地理学5) pp. 83-105

- 9) 森川洋 (1976) 「広島・福岡両市における因子生態 (Factorial Ecology) の比較研究」 地理学評論 49-5 pp. 300-313
- 10) 横山和典・森川洋 (1977) 「広島市の都市因子生態分析」 地理科学 27 pp. 25-39
- 11) 森信之 (1980) 「豊中市の居住パターンと住居移動」 人文地理 32-5 pp. 452-465
- 12) 樋口忠成 (1982) 「山形市の社会地区」 山形大学紀要 (社会科学) 12-2 pp. 93-115
- 13) Murdie, R.A. (1976) "Spatial Form in the Residential Mosaic", Social Area in Cities Vol. 1, ed. Herbert, P.T. and Johnston, R.J. John Wiley & Sons, Ch. 7 pp. 237-272
- 14) 芝祐順 (1979) 因子分析法 第2版 東京大学出版会 pp. 221-233
- 15) 矢島敬二、王碩夫 (1971) 「クラスター・アナリシス (1)」 オペレーションズ・リサーチ 16-7 pp. 57-64
- 16) 同上 (同上) 「同上 (2)」 同上 16-8 pp. 63-68
- 17) 同上 (同上) 「同上 (3)」 同上 16-9 pp. 59-64
- 18) 同上 (同上) 「同上 (4)」 同上 16-10 pp. 60-63
- 19) Lance, G.N. and Williams, W.T. (1967) "A General Theory of Classificatory Sorting Strategies. 1. Hierarchical Systems" The Computer Journal, Vol. 9 pp. 373-380

- 20) 柳澤幸雄・大隈昇 (1979) 「Single linkage 法と Complete linkage 法の特性とクラスタ-数評価基準」 応用統計学 8-2 pp.51-69
- 21) 増田聡 (1983) 「クラスタ-法による首都圏内地方中心都市の従業者分布構造の分析」 都市計画別冊 学術研究発表会論文集 18 pp.55-60
- 22) 拙著 (1984) 「都市内における土地利用パターン及びその変化の計量的分析 — 高崎市域並びに昭和35年DIDD内を対象として」 都市計画別冊 学術研究発表会論文集 19 pp.343-348

第3章．都市の土地利用のミ クロな秩序性：集塊性・隣 接性の分析

前章においては、土地利用比率を指標として用い、都市内部をいくつかの同質地域に分けシティワイドのパターンでその内部構造を把握することができた。それは、市域全体でのマクロなレベルでの秩序性と言えるものであった。

次に、本章で考えてみたいのは、もっとミクロなレベルでの秩序性、即ち、25mサンプリングデータレベルでの同種用途の集塊性・異種用途間の隣接性である。この種のもの分析については生物学（特に数理生態学）や物理学、応用数学や情報理論の分野でなされているある種の手法の適用が有効と思われる。まず、それらの手法の概説と理論的考察を行ない、以下のケーススタディでは、その意味付けと適用上の問題点に留意しながら、前章で扱った3地域毎に集塊性・隣接性の特徴を探ってみることにする。

3-1．種々の概念及びそれらに関する理論的考察

3-1-1．CLUMP

3-1-2．JOIN

3-1-3．エントロピーと情報量尺度

3-1-4．CLUMP、JOIN、エントロピーの相互関係

3-2．同種用途の集塊性の分析

3-2-1．高崎市全域における土地利用の集塊性とその変化

3-2-2．高崎市・昭和35年D I D内における土地利用の集塊性とその変化

3-2-3．高崎市・昭和35年D I D内（昭和54年時点）と東京区部（昭和56年時点）の土地利用の集塊性の比較

3-3．異種用途間の隣接性の分析

3-3-1．高崎市全域における土地利用用途間の隣接性とその変化

3-3-2．高崎市・昭和35年D I D内における土地利用用途間の隣接性とその変化

3-3-3．高崎市・昭和35年D I D内（昭和54年時点）と東京区部（昭和56年時点）の土地利用用途間の隣接性の比較

3-4．全用途間の秩序性の分析

3-5．第3章のおわりに

第3章補注

第3章参考文献

3-1. 種々の概念及びそれらに関する理論的考察

3-1-1. CLUMP

土地利用の1つのカテゴリ-のみに着目した場合、同じ用途比率の地域同士でも、その用途の存在の仕方には違いがあることはすでに第一章で指摘した。その違いを計量化する手段として、まず考えられるのが、同種用途の「塊」(かたまり)に着目する方法である。いま、セル-メッシュ形の土地利用データにおいて、「隣接する(一辺を共有することと定義する)同種用途のセル」をくっつければ、ある種の「塊」が定義できる。この「塊」をCLUMPと呼ぶことにする。例えば図3-1においては、黒セルで表わされるカテゴリ-の全体の面積に対する比率は、3図とも $\frac{1}{2} = 50\%$ で等しいが、CLUMP数については、左の図が1、真中の図が2、右の図が8となり、集塊状態の違いが反映されていることがわかる。

Roach, S.A. (1968)¹⁾ は、このCLUMP数^{*} について興味深い研究も行なっている。彼はある用途の生起確率が所与(=p)とせられているセル

-メッシュ図形^{**} について、セル間で生起が独立である(ランダ

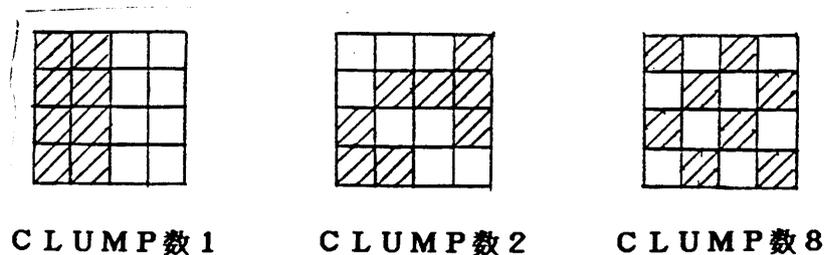


図3-1. メッシュ図形におけるCLUMPの概念

*) Roachはこの他にも円形のクランプ(一定距離以内で同種の用途が生起する場合同一クランプに属すると見做す)を定義し、同様の研究も行なっている。

**) 原案では「各点がマークされる確率がpである方形ラティス」

ムに生起する)とした場合のCLUMP数の期待値を求めることを試みた。ある用途の生起がセル間で独立であるということは、確率論的に、その用途が集塊・分散のいずれの傾向も認められないということの意味している。従ってこのときのCLUMPの数が、現実の集塊状態を判断する場合の1つの基準値となり得ると考えられるわけである。

しかし、残念ながらこの数(Cとおく)については、正確な値を知ることは極めて困難なようである。Roachは前記の独立性の仮定に加えてさらに、メッシュが十分多くのセルから成っているという仮定を設けた上で、以下の不等式でCの上限と下限を与えるに止めている。

$$\begin{aligned} & \text{Max} \{ N(p^2 - p^2 + p^3 + p^2q), C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 \} < C \\ & < \text{Min} \{ Nq^2, C_1 + C_2 + \dots + C_7 + \left[\frac{N - (C_1 + 2C_2 + \dots + 7C_7)}{8} \right] \} \quad \dots (3-1) \end{aligned}$$

(但、N：当該用途が生起するセル数の期待値*)
 p：当該用途の生起確率， q ≡ 1 - p)

ここにおいてC_l (l = 1, 2, ... 7) はl個のセルから成る(規模lの)CLUMP数の期待値で、

$$\begin{aligned} C_1 &= Nq^4 \\ C_2 &= Np^2q^5 (2q) \\ C_3 &= Np^3q^6 (4q + 2q^2) \end{aligned}$$

*) 全セル数 × p に相当する量であるが、全セル数が極めて大きいという仮定を置いているため、有限量としてのNを設定する必要が出てくる。

$$C_4 = N p^3 q^7 (9q + 8q^2 + 2q^3)$$

$$C_5 = N p^4 q^6 (1 + 20q + 28q^2 + 12q^3 + 2q^4)$$

$$C_6 = N p^5 q^5 (4 + 54q + 80q^2 + 60q^3 + 16q^4 + 2q^5)$$

$$C_7 = N p^6 q^4 (22 + 136q + 252q^2 + 228q^3 + 100q^4 + 20q^5 + 2q^6)$$

で与えられる。全セル数 = 100 のときの (3-1) 式の範囲を図3-2に示したが、これを見ればあかるとおり、 p が小さい (およそ0.25以下) 場合は、上限値と下限値はほぼ近接しており、実際上両者を C の近似値と見做して差し支えない。一方、 p の値が0.4を超えるあたりから先は、上限値と下限値は大きく離れるので注意が必要、ということになる。図3-2に戻れば、真中のCLUMP数 = 2は、 $N = 8$ 、 $p = 0.5$ のときの期待値 C の上限にはほぼ一致し、左と右の明確な秩序を持つ、なパターンの中間にランダムなパターンが位置付いていることが了解できよう。

ところで、ここで少々気になることがある。それは、Roachが「十分なセルより成る」という仮定の

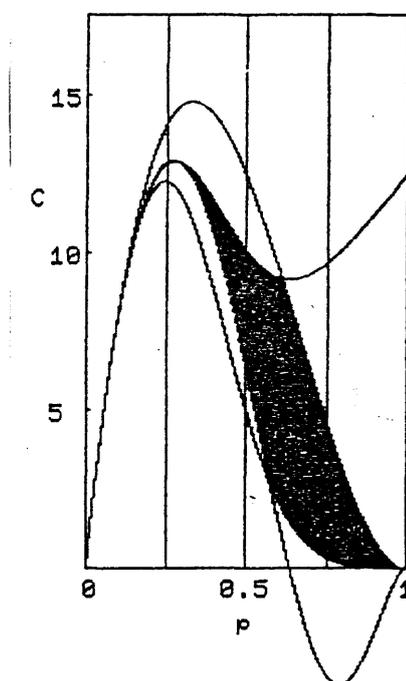
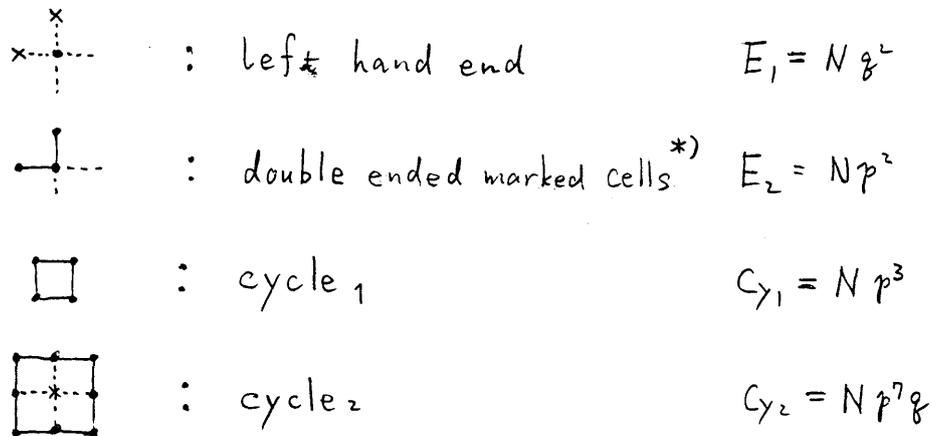


図3-2. 生起確率 p と CLUMP 数の期待値 C の関係 (全セル数 = 100)
(黒色部分が不等式 (3-1) の領域)

下に、メッシュ周辺の影響を考慮していないことである。実際、メッシュの中央と周辺とは同じCLUMPでも生起確率は異なる。この点について考察を加え、必要とあれば、Roachの式を補正しておこう。

まず、(3-1)式の導出過程をふりかえってみることにから始めなければならぬ。次いでそのプロセスを周辺の影響を考慮しながら、具に検討していくことにする。さて、十分大きなメッシュ図形において、彼は次のようなパターンの数の期待値も考えている。(・は当該用途の生起、×は非生起を示す。セルの外枠は省略)。



ここで、CLUMP数の期待値 C について

$$E_1 - E_2 + C_{y_1} + C_{y_2} < C < E_1 \quad \dots (3-2)$$

が成り立つ。なぜならば、すべてのCLUMPは left hand end (左隣のセル) を少なくとも1つ持つ故、右の不等式すなわち E_1 が

*) Roachの原案では、points

Cの上限を与えることは容易にわかる。一方、double ended marked cells を持つ CLUMP は、left hand end は1つでなく E_2 の数だけ余分に持つ可能性があり、従って $E_1 - E_2$ は CLUMP 数の下限を与えるが、double ended marked cells が cycle₁ や cycle₂ の一部となっているときには left hand end の数は増えるので、より厳格な意味での下限として $E_1 - E_2 + C_{y_1} + C_{y_2}$ が取れる、つまり左側の不等式が成り立つことが言える。

さらに、(3-1)式に関わっている他の2つの式は、実際に生起する CLUMP の数の期待値を規模7セルのものまで逐一数えたもの(3-3ページの $C_1 \sim C_7$)をもとにしたもので、 $C_1 \sim C_7$ の合計を下限としてとり、8セル以上から成るものはすべて8セルとして、

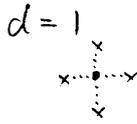
$$C_1 + C_2 + \dots + C_7 < C < C_1 + C_2 + \dots + C_7 + \frac{N - (C_1 + 2C_2 + \dots + 7C_7)}{8}$$

(3-3)

が新たな下限、上限を与える。そして、以上の(3-2)、(3-1)両式の厳格な方の下限、上限を取れば、(3-1)式が得られるというしかけである。 $C_1 \sim C_7$ に関するパターンは具体例については Roach の著書には載せられていないので図3-3(その1)~(その4)に示しておく。規模7の CLUMP でさえも、108個ものパターンが考えられ、これ以上の規模の CLUMP を勘定することは到底困難であることがおわかりいただけよう。*)

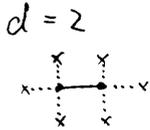
*) "formidable difficulty" であると Roach は言っている。

C_1



$$C_1 = Nq^4$$

C_2

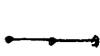


$$C_2 = Np q^6 \times 2 = Np q^5 (2q)$$

C_3

(以下 × 印省略)

$d=2$



$d=4$



$$C_3 = Np^2 q^5 \times 2 + Np^2 q^7 \times 4 = Np^2 q^6 (4q + 2q^2)$$

C_4

$d=1$



$d=2$

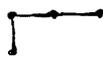


$$C_4 = Np^4 (q^2 \times 1 + q^{10} \times 2 + q^8 \times 4 \times 2 + q^9 \times 8)$$

$d=4$



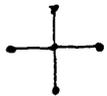
$d=8$



$$= Np^3 q^7 (9q + 8q^2 + 2q^3)$$

C_5

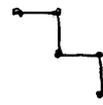
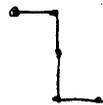
$d=1$



$d=2$



$d=4$



$d=8$



$$C_5 = Np^4 (q^8 \times 1 + q^{12} \times 2 + q^9 \times 4 + q^{10} \times 4 \times 3 + q^8 \times 4 + q^9 \times 8 \times 2 + q^{10} \times 8 \times 2 + q^{11} \times 8)$$

$$= Np^4 q^8 (1 + 20q + 28q^2 + 12q^3 + 2q^4)$$

図 3-3 . CLUMP 規模別に見た CLUMP 数の期待の計算過程 (その 1)

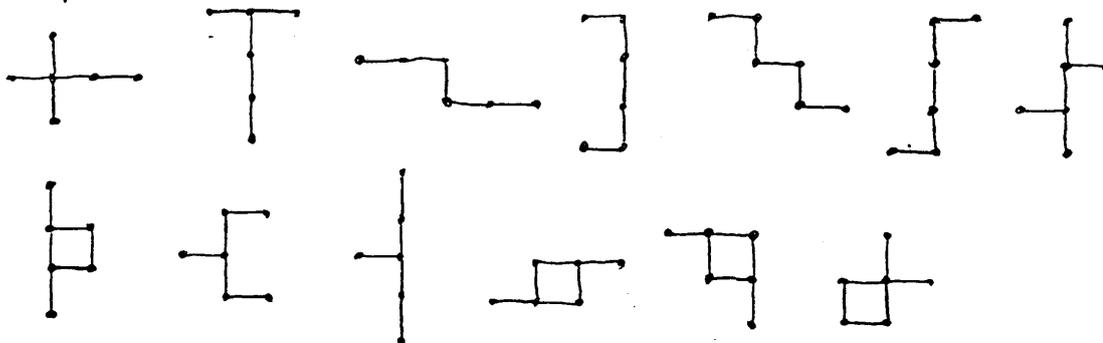
(但、 d : 異なる配置 (orientation) の数)

C₆

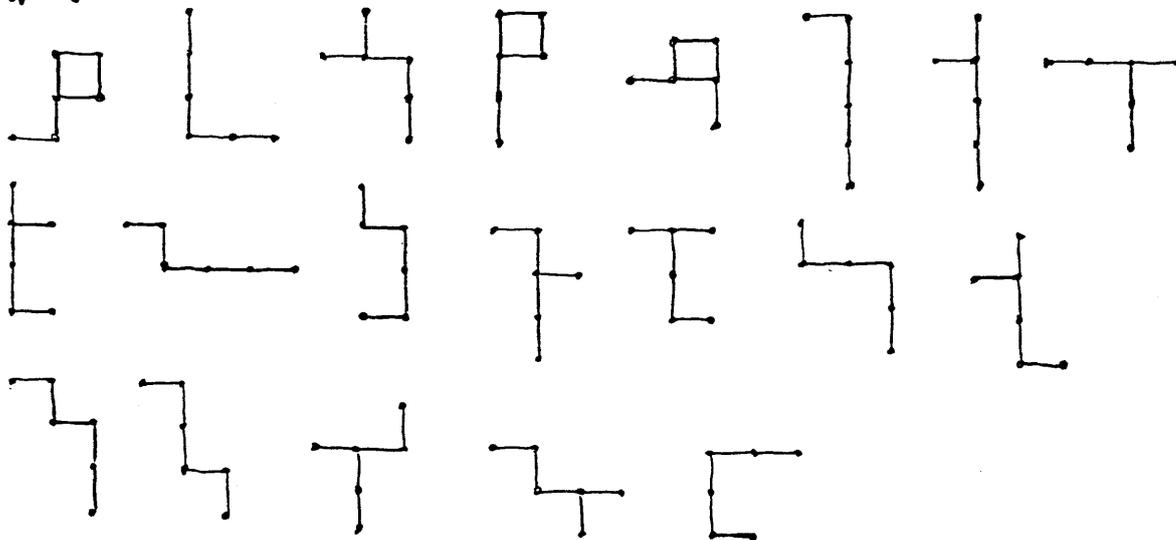
d=2



d=4



d=8



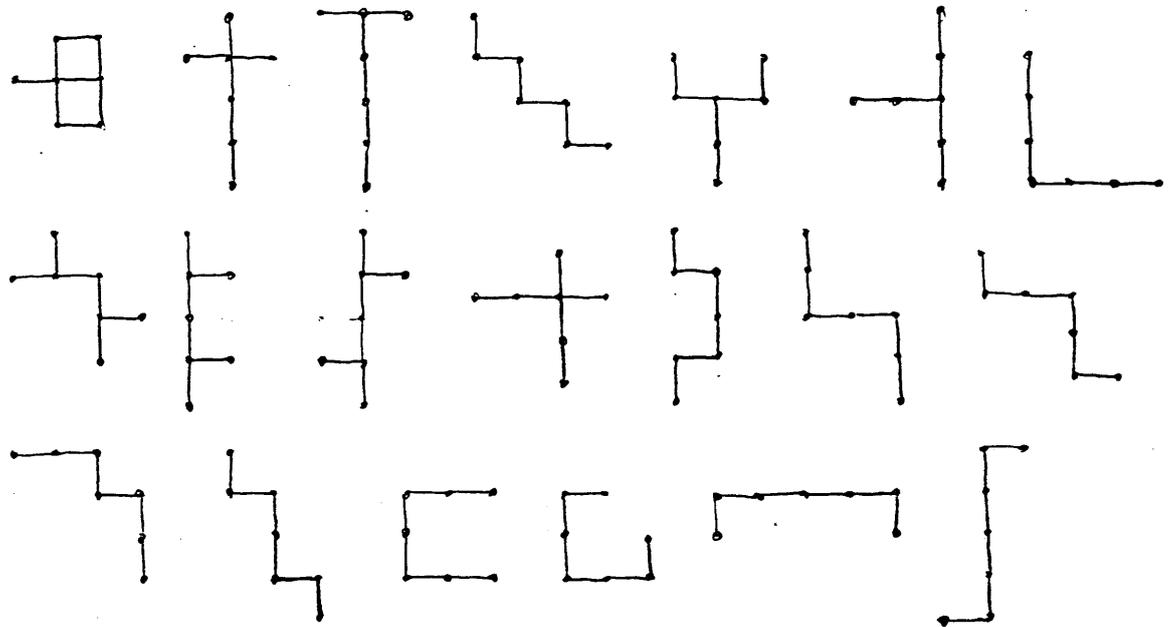
$$\begin{aligned}
 C_6 &= Np^5 (q^{10} \times 2 + q^{14} \times 2 + q^7 \times 4 + q^{10} \times 4 - 7 + q^{12} \times 4 \times 5 \\
 &\quad + q^{10} \times 8 \times 3 + q^{11} \times 8 \times 10 + q^{12} \times 8 \times 5 + q^{13} \times 8 \times 2) \\
 &= Np^5 q^9 (4 + 54q + 80q^2 + 60q^3 + 16q^4 + 2q^5)
 \end{aligned}$$

☒ 3-3. (その2)

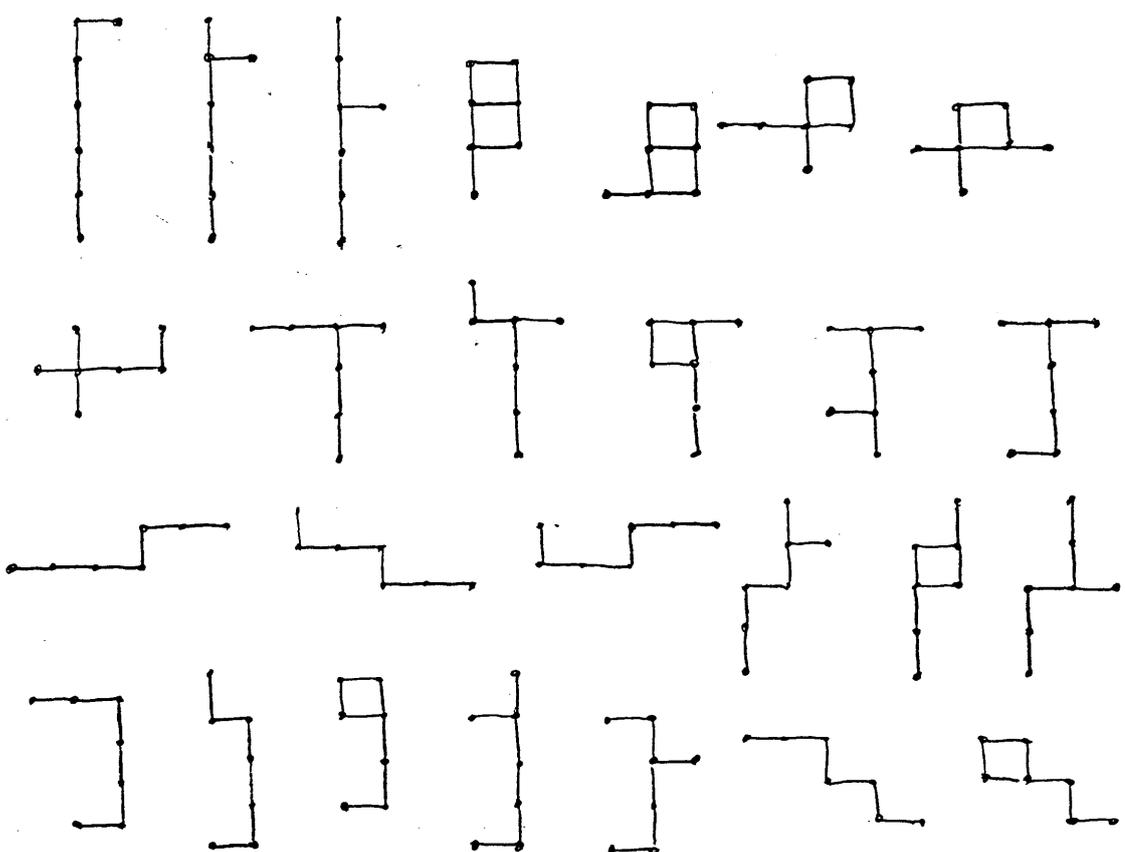
C_7
 $d=2$



$d=4$

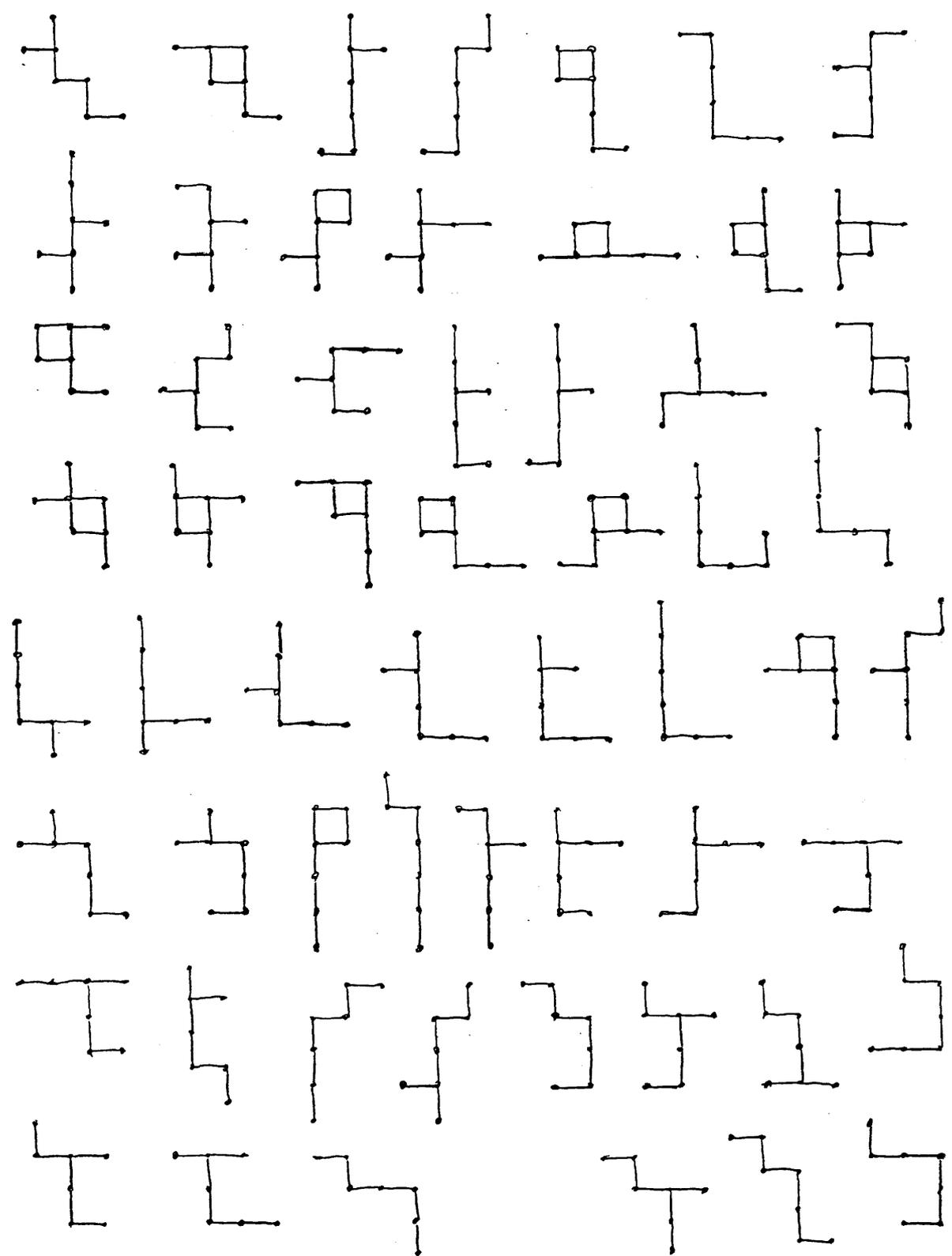


$d=8$



☒ 3-3. (その3)

C_7
 $d=8$ (総数)



$$\begin{aligned}
 C_7 &= N p^6 (q^{10} \times 2 + q^{12} \times 2 \times 2 + q^{16} \times 2 + q^{10} \times 4 + q^{11} \times 4 \times 2 + q^{12} \times 4 \times 8 + q^{13} \times 4 \times 3 + q^{14} \times 4 \times 5 + q^{15} \times 4 \\
 &\quad + q^{16} \times 8 \times 2 + q^{17} \times 8 \times 16 + q^{12} \times 8 \times 27 + q^{17} \times 8 \times 27 + q^{18} \times 8 \times 10 + q^{15} \times 8 \times 2) \\
 &= N p^6 q^{10} (22 + 136 q + 252 q^2 + 228 q^3 + 100 q^4 + 20 q^5 + 2 q^6)
 \end{aligned}$$

図 3-3 . (その4)

さて、ここでは以上のプロセスを m セル \times n セルのメッシュについて周辺の影響を考慮し改めて述べてみることにする。まず、(3-2)式に關与する left-hand end の期待値 E_1 は次のようになる。

E_1 : $\begin{matrix} \times \\ \vdots \\ \times \dots \end{matrix}$

•	

•	•	•
•		
•		

			•	
		•	•	
			•	

(i) • が左上隅にある場合
 $p \times 1$
(生起確率) (個数)

(ii) (i)以外に•が上端2列左端にある場合
 $p q \times \{(m-1) + (n-1)\}$

(iii) (i), (ii)以外の場合
 $p q^2 \times (m-1) \cdot (n-1)$

$$\begin{aligned} \therefore E_1 &= p [1 + \{(m-1) + (n-1)\} q + (m-1) \cdot (n-1) q^2] \\ &= p \{ (b-a+1) q^2 + (a-2) q + 1 \} \end{aligned}$$

(但、 $a = m+n$, $b = mn$)

メッシュの端の効果は微妙に式に表われていることがわかる。以下解説は割愛するが、四隅及び端辺の効果を考えて、

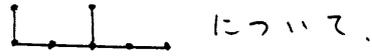
$$E_2 = p^3 (b-a+1)$$

$$C_{y_1} = p^4 (b-a+1)$$

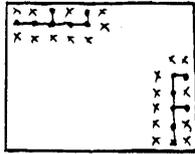
$$C_{y_2} = p^8 q (b-2a+4)$$

が得られる。同様の作業を $C_1 \sim C_7$ に關与する全パターンについても行なう。 $C_1 \sim C_4$ ぐらいまでは大したことはないが、 C_5, C_6, C_7 と進むにつれてパターンの数も増え、端辺や四隅へのかうみ方にも様々なヴァリエーションが出てくる。一例を挙げれば、

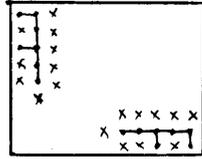
ex. C_7 に関するパターンの1つ



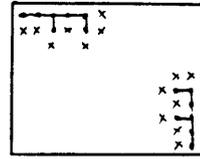
(1) 四隅にある場合



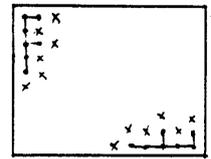
$$p^7 q^{10} \times 8$$



$$p^7 q^9 \times 8$$

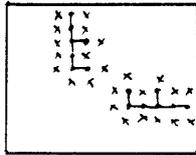


$$p^7 q^7 \times 8$$

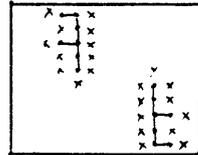


$$p^7 q^6 \times 8$$

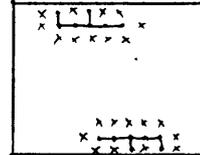
(2) (1)以外で端辺にセルがある場合



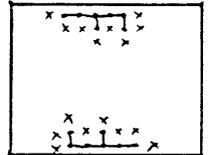
$$p^7 q^{12} \times 4 \left\{ \begin{matrix} (m-3) \\ + (m-3) \end{matrix} \right\}$$



$$p^7 q^{11} \times 4 \left\{ \begin{matrix} (m-3) \\ + (m-3) \end{matrix} \right\}$$



$$p^7 q^{11} \times 4 \left\{ \begin{matrix} (m-6) \\ + (m-6) \end{matrix} \right\}$$



$$p^7 q^8 \times 4 \left\{ \begin{matrix} (m-6) \\ + (m-6) \end{matrix} \right\}$$

(11) (1), (2)以外の場合

$$p^7 q^{13} \times 4 \left\{ (m-3)(n-6) + (n-3)(m-6) \right\}$$

よって (1) ~ (11) を合計して、このパターンの数の期待値は、

$$p^7 \left\{ (8b-36a+144) q^{13} + (4a-24) q^{12} + (8a-72) q^{11} + 8q^{10} + 8q^9 + (4a-48) q^8 + 8q^7 + 8q^6 \right\} //$$

の如くなる。こういった計算を逐一、図3-3の108のパターンについて行ない、CLUMP規模毎に合計してようやく、

$$C_1 = p \left\{ (b-2a+4) q^4 + (2a-8) q^3 + 4q^2 \right\}$$

$$C_2 = p^2 \left\{ (2b-5a+12) q^6 + (2a-8) q^5 + (2a-12) q^4 + 8q^3 \right\}$$

$$C_3 = p^3 \{ (2b-6a+16) q^8 + (4b-10a+28) q^7 + (4a-24) q^6 + (6a-40) q^5 + 20q^4 + 4q^3 \}$$

$$C_4 = p^4 \{ (2b-7a+20) q^{10} + (8b-26a+88) q^9 + (9b-23a+49) q^8 \\ + (14a-80) q^7 + (14a-96) q^6 + 32q^5 + 20q^4 \}$$

$$C_5 = p^5 \{ (2b-8a+24) q^{12} + (12b-46a+176) q^{11} + (28b-98a+320) q^{10} + (20b-42a+60) q^9 \\ + (b+34a-248) q^8 + (32a-212) q^7 + (8a+12) q^6 + 56q^5 + 8q^4 \}$$

$$C_6 = p^6 \{ (2b-9a+28) q^{14} + (16b-70a+296) q^{13} + (60b-248a+956) q^{12} + (80b-276a+928) q^{11} \\ + (54b-119a+76) q^{10} + (4b+116a-896) q^9 + (74a-476) q^8 + (32a-96) q^7 + (2a+152) q^6 + 44q^5 + 4q^4 \}$$

$$C_7 = p^7 \{ (2b-10a+32) q^{16} + (20b-98a+452) q^{15} + (100b-470a+2032) q^{14} + (228b-972a+4036) q^{13} \\ + (252b-906a+2900) q^{12} + (136b-206a-616) q^{11} + (22b+272a-2496) q^{10} + (244a-1698) q^9 \\ + (86a-236) q^8 + (20a+260) q^7 + 188q^6 + 32q^5 \}$$

を得る。図3-4・C1~C7は $m=n=20$ mメッシュ^{*}に対し周囲の影響を考慮した場合と考慮しない場合の $C_1 \sim C_7$ を比較したものである。これを見れば、 $p < 0.2$ 程度であれば両者にそう差はないが、生起確率が大きくなるにつれ、周囲の影響を考慮した場合の C_i が考慮しない場合の C_i を上回る傾向が顕著になり、特に規模の大きい C_i については、絶対誤差は C_i 自体が小さいためそう大きくなりなものの、相対的な誤差（（周囲を考慮した C_i - 考慮しない C_i ）/ 考慮しない C_i ）が無視できなくなるといふ傾向が読みとれる。

以上、算出した期待値をもとに、(3-1)式に準ずる不等式を作ると総CLUMP数の存在範囲をグラフに示すと図3-5(2)の如

*) ケーススタディで扱う25mセル-500mメッシュに対応している。

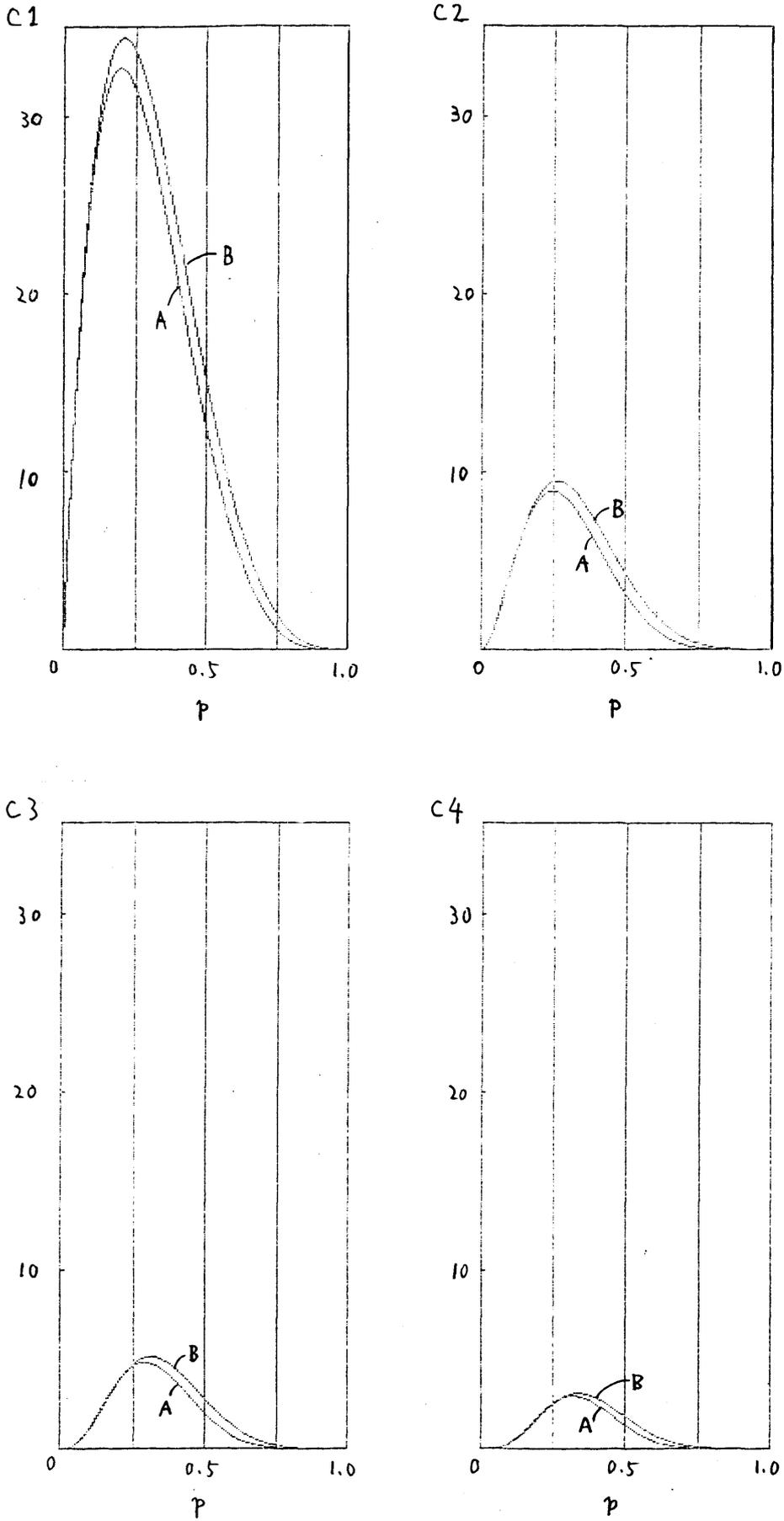
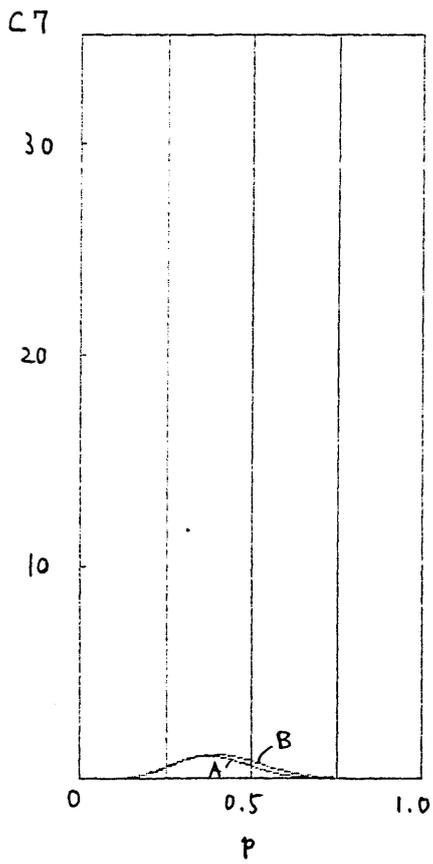
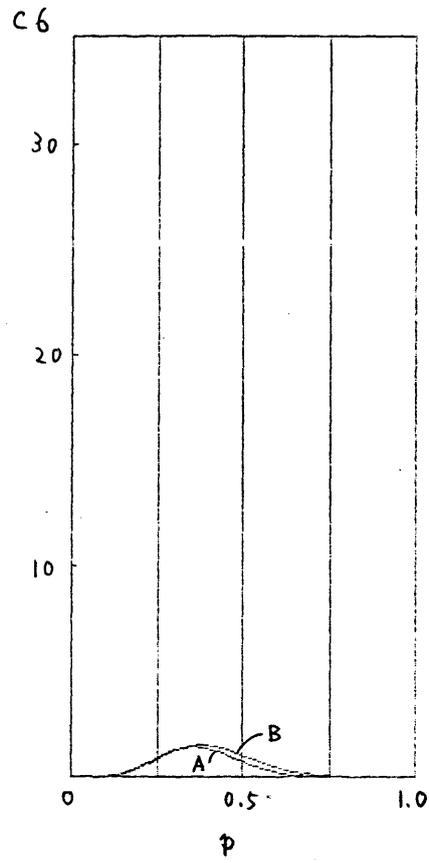
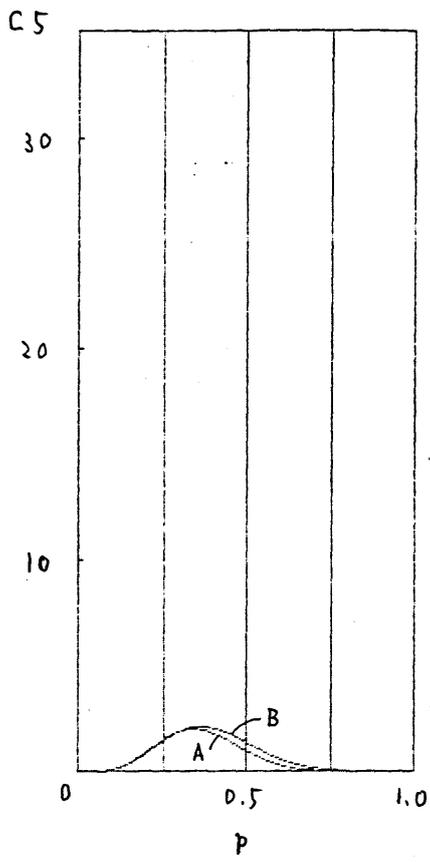


図 3 - 4 . 周辺の影響を考慮しない場合 (A) とした場合 (B) とでの規模別 CLUMP 数の期待値の比較 (全セル数 = 400)



☒ 3-4 . (つづき)

くになる ($m = n = 20$ の場合)。同規模のメッシュについて周辺の影響を考慮しない場合 (同図 (1)) と比較すれば、(2) の方が (1) に比べて上限値・下限値とも全比的に上側にシフトしていること、上限値・下限値の幅のピークが p の大きな方向に移ること等が読みとれる。比率によっては無視し難い差が見られると言える。こういったことも踏まえ、3-2節のケーススタディにおいては、周辺の影響

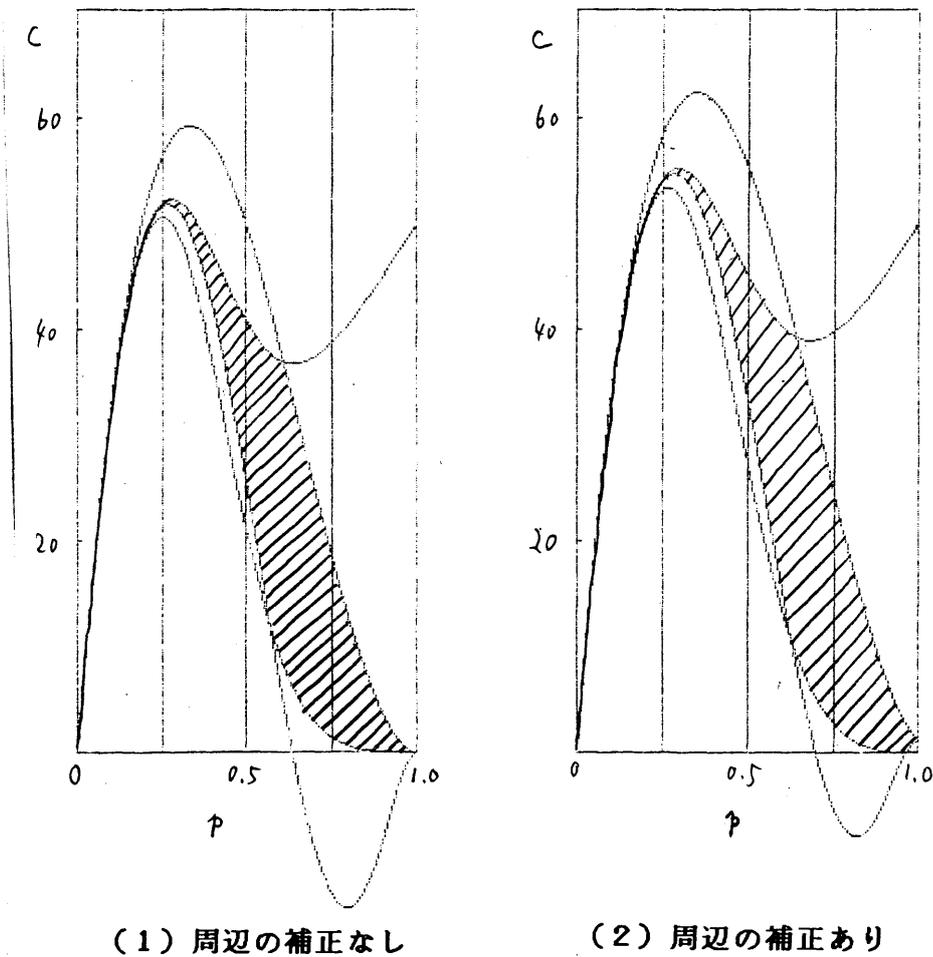


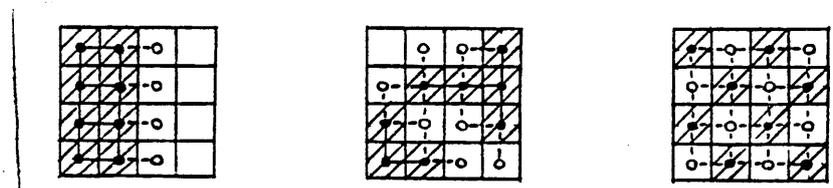
図3-5. 総CLUMP数の期待値の存在範囲 (全セル数=400)

を考慮した期待値を用いて、規模別CLUMP数、総CLUMP数、平均CLUMP規模(=総セル数÷総CLUMP数)について実際の土地利用の値と照らし合わせ、集塊性の分析を試みている。

3-1-2. JOIN

セル-メッシュ型の土地利用データについて、今度は2用途に平等に、又、2用途間の隣接関係についても着目してみようことにする。図3-6に示すように、隣接する黒セルと黒セルの間、白セルと白セルの間、そして黒セルと白セルの間に線を引き、それぞれ黒-黒JOIN、白-白JOIN、黒-白JOINと称し、これらの本数に注目する。図3-6の3つの例のうち、最も黒セルの集塊性が高いと考えられる左図は黒-黒JOINの本数が10本であるが、黒セルの最も分散していると考えられる右図では黒-黒JOINは0で、その中間と考えられる真中の図では6本となる。白-白JOINの数も同様(左

から10本、6本、0本)で、



CLUMPの場合と同じく、特定の同種用

黒-黒JOIN=10 黒-黒JOIN=6 黒-黒JOIN=0
 黒-白JOIN=4 黒-白JOIN=12 黒-白JOIN=24

図3-6. JOINの概念

途間に引かれたJOIN数が、その用途の集塊性について1つの指標を与えていると言っ、てよいであろう。さらに、黒-白JOINを見れば、黒、白各々の用途の集塊性が高い(左図)ほど本数は少なく(4本)なり、逆の場合すなわち両用途が入り混じるパターン(右図)では最も多く(24本)なる。すなわち、これは異種用途間相互の隣接性を表現する指標として適当であろうと考えられる(実際、容易にわかるように、黒-白JOINの本数は、黒-白用途間の接触辺の長さに等しい)。

CLUMPの場合と同じように1つの判断基準として、各セルに特定用途が生起するという事象が独立であるという意味での「ランダム状態」におけるJOINの本数も考えてみよう。これについては、Todd, H. (1940)²⁾、Finney, D.J. (1947)³⁾の論争を経て、Moran, P.A.P. (1948)⁴⁾とKrishna Iyer, P.V. (1950⁵⁾、1952⁶⁾)が詳細な考察を行ない、以下のことが明らかにされるに致している。^{*}

① $m \times n$ メッシュ、黒セルの生起確率 p の場合のランダム状態における各JOIN数の期待値 $E(\cdot)$ は、

$$E(\text{黒-黒}) = (2b-a)p^2 \quad \dots (3-4)$$

$$E(\text{白-白}) = (2b-a)q^2 \quad \dots (3-5)$$

$$E(\text{黒-白}) = 2(2b-a)pq \quad \dots (3-6)$$

*) 多用途(3用途以上)の場合については、注目している2用途の生起確率 p_i, p_j で①~③の式の p, q を置きかえるだけの違いで、あとは同様である。

(但、 $a = m+n$, $b = mn$, $q = 1-p$)

となる。

② 同様な条件の下で、各 J O I N 数の分散 $V(\cdot)$ は、

$$V(\text{黒-黒}) = (2b-a)p^2 + 4(3b-3a+2)p^3 - (14b-13a+8)p^4 \quad \text{--- (3-7)}$$

$$V(\text{白-白}) = (2b-a)q^2 + 4(3b-3a+2)q^3 - (14b-13a+8)q^4 \quad \text{--- (3-8)}$$

$$V(\text{黒-白}) = 2(2b-a)pq + 4(3b-3a+2)pq(p+q) - 4(14b-13a+8)p^2q^2 \quad \text{--- (3-9)}$$

と計算される。

③ さらに、この場合、J O I N のクラス値

$$\Delta(\text{黒-黒}) = \frac{(\text{黒-黒 JOIN の実数}) - E(\text{黒-黒})}{\sqrt{V(\text{黒-黒})}}$$

は、メッシュ規模 m, n が大きいとき標準正規分布 $N(0, 1)$ に漸近する (白-白、黒-白 J O I N についても同様)。

C L U M P の場合と比べて、周辺の影響を考慮した期待値がでて出ている点、さらに期待値の他に分散も示す、という点など情報量が多い。又、期待値からの隔たりも分散の平方根するより標準偏差で割った量がクラス値であるが、これは集塊の程度についての期待値に比しての大小のみではなく、その隔たりの程度についての間隔尺度^{*}をよえていると言える。この量の分布形が漸近的に正規分布に近似できるということは、尺度としての妥当性 (5段階評価や偏差値と同じ意味での、即ち中央の頻度が高く、そこから隔たると値ほど頻

*) 数値の差すなりち間隔に意味のある尺度。それと比して数値の大小関係のみの意味のある尺度を順序尺度と称する。

度がよくなるという意味での)を裏付けていると言、てよは、

ところで、前述の①、②、③は同様な方法で統一的に証明、或は説明することが出来る。そしてまた、その考え方のプロセス自体、セル-メッシュ型データにおける空間的パターンと数量との対応に於いて本質的な示唆を与えてくれる。以下概要を示し検討を加えてみよう。*)

今までの前提どおり、 $m \times n$ のメッシュを考へ、黒セルの生起確率はセルに関して独立で p とする。すべてのJOINに夫々番号(1, 2, ..., l , ..., $2b-a$)を付し、次のような変数 x_l (図3-7参照)を定義する(但し、 $l=1, 2, \dots, 2b-a$)。

$$x_l = \begin{cases} 1 & : \text{第} l \text{番目の JOIN が黒-黒 JOIN である時} \\ 0 & : \text{第} l \text{番目の JOIN が黒-黒 JOIN でない時} \end{cases}$$

すると、

$$X = \sum_{l=1}^{2b-a} x_l$$

はメッシュ全体での黒-黒 JOINの数を与え、期待値、分散は、

$$E[X]$$

$$E[(X - E[X])^2]$$

と書けることになる。

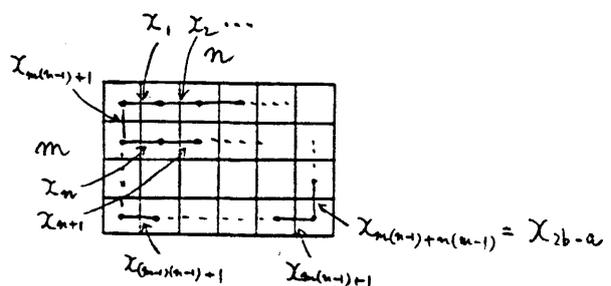


図3-7. 各JOINと変数 x の対応

*) 文献4)の方法を中心に、5)、6)も参考にし、かつ独自のシミュレーションを用いて補佐考察を加えた。

期待値は容易に、

$$\begin{aligned} E[x] &= E[\sum_i x_i] \\ &= \sum_i E[x_i] \\ &= (2b-a)p^2 * \end{aligned}$$

∴ $E[x_i] = (\text{各JOINが黒-黒JOINである確率}) = p^2$
と計算される。一方、分散の方は、

$$\begin{aligned} V[x] &= E[(x - E[x])^2] \\ &= E[(\sum_i x_i - (2b-a)p^2)(\sum_j x_j - (2b-a)p^2)] \\ &= E[\{\sum_i (x_i - p^2)\} \{\sum_j (x_j - p^2)\}] \end{aligned}$$

と変形できるが、ここで、“~”、“+”なる記号を、

$i \sim j$: 第*i* JOINと第*j* JOINが共有のセルを持つ、

$i + j$: 第*i* JOINと第*j* JOINが共有のセルを持たない。

と定義(図3-8参照)すれば、

$$\begin{aligned} V[x] &= E[\sum_{i \sim j} (x_i - p^2)(x_j - p^2) + \sum_{i + j} (x_i - p^2)(x_j - p^2)] \\ &= \sum_{i \sim j} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)] + \sum_{i + j} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)] \dots (3-10) \end{aligned}$$

と分解することができ

る。ここにおいて、

$i + j$ の場合、第*i* JOINと第*j* JOINの生起は互いに独立故、

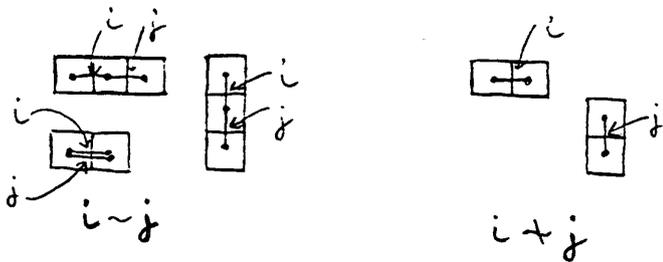


図3-8. JOIN相互の位置関係と記号“~”

*) 以下、上限・下限のない五はメッシュ全体にあたるすべての*i*についてとるものとする。

式 (3-10) の第2項は、

$$\sum_{i+j} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)] = \sum_{i+j} E[(x_i - p^2)] \cdot E[(x_j - p^2)] = 0 \cdot 0 = 0$$

$$\begin{aligned} \therefore E[(x_i - p^2)] &= E[x_i] - p^2 \\ &= p^2 - p^2 = 0^{**}) \end{aligned}$$

である。一方第1項の $\sum_{i \sim j}$ は、図3-8左図に見らるとおり、2重 $J \cup I \cap N$ の場合 ($i = j$) と隣接 $J \cup I \cap N$ の場合 ($j = i+1$ など) に区分される。従って、

$$\begin{aligned} V[x] &= \sum_{i \sim j} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)] \\ &= \sum_i E[(x_i - p^2)^2] + \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)] \\ &= \sum_i E[x_i^2 - 2p^2 x_i + p^4] + 2 \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} E[x_i x_j - p^2 x_i - p^2 x_j + p^4] \\ &= \sum_i E[x_i^2] + 2 \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} E[x_i x_j] - 2p^2 \sum_i E[x_i] + p^4 \sum_i 1 - 2p^2 \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} E[x_i + x_j] + 2p^4 \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} 1 \\ &= \sum_i E[x_i^2] + 2 \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} E[x_i x_j] - p^4 \sum_i 1 - 2p^4 \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} 1 \\ \therefore E[x_i] &= p^2 \end{aligned}$$

となる。そして、 $x_i = 1$ かつ 0 より

$$x_i^2 = x_i, \quad x_i x_j = 1 \text{ iff } x_i = x_j = 1$$

に注意すれば、図3-8より、

$$E[x_i^2] = p^2$$

$$E[x_i x_j] = p^3 \quad (j+1, i \sim j)$$

であるから、これを代入すれば、

$$V[x] = p^2 \sum_i 1 + 2p^3 \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} 1 - p^4 \left(\sum_i 1 + 2 \sum_{\substack{j+1 \\ i \sim j}} 1 \right)$$

*) 即ち、単独 $J \cup I \cap N$ についての平均値回りの1次モーメントは0となる(以下でよく用いる)。

を得る。そして、2種類の Σ がメッシュ全体に渡って、

$$\Sigma_1 : 2重 JOIN (\curvearrowright) の数 (= 単独 JOIN の数) = m(m-1) + n(n-1)$$

$$\begin{aligned} \Sigma_2 : \text{隣接する JOIN のペア (} \curvearrowright \text{ , } \curvearrowleft \text{) の数} \\ = m(m-2) + n(n-2) + 4(m-1)(n-1) \end{aligned}$$

に対応することから、

$$\begin{aligned} V[X] &= p^2 \{m(m-1) + n(n-1)\} + 2p^3 \times [\{m(m-2) + n(n-2)\} + 4(m-1)(n-1)] \\ &\quad - p^4 \times [\{m(m-1) + n(n-1)\} + 2\{m(m-2) + n(n-2)\} + 2 \times 4(m-1)(n-1)] \\ &= (2b-a)p^2 + 4(3b-3a+2)p^3 - (14b-13a+8)p^4 \\ &\quad (a \equiv m+n, b \equiv mn) \end{aligned}$$

という結論に達するわけである。白-白 JOIN, 黒-白 JOIN についても全く同様であり*, 式(3-4) ~ (3-6) に示す期待値及び式(3-7) ~ (3-9) に示す分散が得られることになるのである。

③のクラス値の漸近性もこの方法の拡張で説明できる(③の内容自体は実用的ではないと思うが、前述のとおり JOIN のクラス値という尺度の妥当性を裏付ける意義があり、さらに、正規分布への漸近を示すプロセスは、空間的パターンがどのように統計量に反映されるかということに関して学術的興味を刺激してくれるものなので、以下に述べてみたい)。分布そのものの形状を議論する代わりに、分布の平均値回りのモーメントを調べ、それが標準正規分布の

* 白-白 JOIN の場合は、黒-黒 JOIN の式を p を q に変えるだけ。黒-白 JOIN の場合は、その生起を示す変数を y_i とおけば、 $E[y_i] = 2pq$, $V[Y] = E[\{\sum_i (y_i - 2pq)\} \{\sum_j (y_j - 2pq)\}]$ となることに注意すれば、以下の手順は同様である。

モーメント (但し、3次以上について)、

偶数次: $\frac{(2k)!}{2^{k-1}k!}$ (2k 次のモーメントを示す。k=2, 3, ...)

奇数次: 0 (3, 5, 7, ... 次について)

に漸近することも示せばよいわけである。*)

ところで、一般的に黒-黒 J O I N のクラス値について、平均値回りの k 次のモーメントを μ_k とおくと、

$$\begin{aligned}\mu_k &= E[(Z(x) - E[Z(x)])^k] \\ &= E\left[\left\{\frac{X - E(x)}{\sqrt{V(x)}} - E\left[\frac{X - E(x)}{\sqrt{V(x)}}\right]\right\}^k\right] \\ &= E\left[\left(\frac{X - E(x)}{\sqrt{V(x)}}\right)^k\right] \quad \because E\left[\frac{X - E(x)}{\sqrt{V(x)}}\right] = \frac{1}{\sqrt{V(x)}} E[X - E(x)] = 0 \\ &= \left(\frac{1}{\sqrt{V(x)}}\right)^k \cdot E[(X - E(x))^k] \\ &= \frac{\mu_k}{\mu_2^{k/2}}\end{aligned}$$

(但し、X は前述の黒-黒 J O I N の生起を示す変数。

μ_k は X の平均値回りの k 次モーメント。)

と表現できる。ここで、前記のとおり

$$\mu_2 = V[x] = (2b-a)p^2 + 4(3b-3a+2)p^3 - (14b-13a+8)p^4$$

であるから、あとは μ_k がわかれば (特に $n, n \rightarrow \infty$ の時の挙動がわかれば) よいことになる。具体的に見てみよう。例えば μ_3 は、

$$\begin{aligned}\mu_3 &= E[(X - E(x))^3] \\ &= E\left[\left\{\sum_i (x_i - p^2)\right\}^3\right] \\ &= E\left[\left\{\sum_i (x_i - p^2)\right\} \left\{\sum_j (x_j - p^2)\right\} \left\{\sum_l (x_l - p^2)\right\}\right]\end{aligned}$$

*) 一般的にモーメントの漸近性が分布の漸近性の十分条件であることについては文献 7) を、標準正規分布のモーメントが上記のようになることについては文献 8) を参照。

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i \sim j \sim l} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)(x_l - p^2)] + \frac{3!}{2!1!} \sum_{j \sim i, l \sim i, j} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)] \cdot E[(x_l - p^2)] \\
 &\quad + \frac{3!}{1!1!1!} \sum_i \sum_{j \sim i} \sum_{l \sim i, j} E[(x_i - p^2)] \cdot E[(x_j - p^2)] \cdot E[(x_l - p^2)] \\
 &= \sum_{i \sim j \sim l} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)(x_l - p^2)] \\
 &\therefore E[(x_i - p^2)] = E[(x_j - p^2)] = E[(x_l - p^2)] = 0
 \end{aligned}$$

となる。ここで $\sum_{i \sim j \sim l}$ に対応する JOIN のパターンを考えると、
 図 3-9 のように類別されることわかる。同図のパターン P_i の全
 メッセージにわたる総数を $N(P_i)$ と書くことにすると、 μ_3 は、

$$\mu_3 = \sum_i E[(x_i - p^2)^3] + \frac{3!}{2!1!} \sum_{\substack{j \sim i \\ j \sim i}} E[(x_i - p^2)^2(x_j - p^2)] + \frac{3!}{1!1!1!} \sum_{\substack{j \sim i, l \sim i, j \\ l \sim j \sim i}} E[(x_i - p^2)(x_j - p^2)(x_l - p^2)]$$

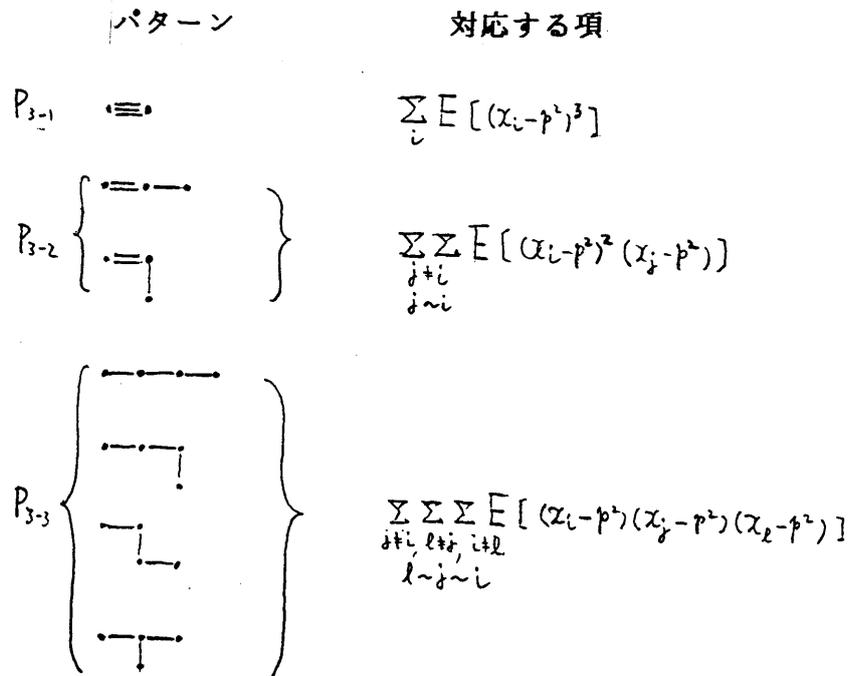


図 3-9 . μ_3 に関するパターンと項との対応

$$= N(p_{s_1}) \cdot E[(x_i - p^i)^3] + \frac{3!}{2!1!} \cdot N(p_{s_2}) \cdot E[(x_i - p^i)(x_j - p^j)] + \frac{3!}{1!1!1!} \cdot N(p_{s_3}) \cdot E[(x_i - p^i)(x_j - p^j)(x_r - p^r)]$$

(但、期待値はいずれも対応する Σ の条件の下で取るものとする。)

と分解できる。ここで、 $m, n \rightarrow \infty$ のときの漸近性を問題にする場合、着目すべきことは $N(p_i)$ がそのオーダーを支配する量である $b = m \times n$ のいかなる次数の式かということである。図 3-9 の 3 つのパターンはいずれも「ひとかたまり」のパターンであり、その総数は共通して、

$$A \{(m-\alpha)(n-\beta) + (m-\beta)(n-\alpha)\} = A \{2b - (\alpha+\beta)a + 2\alpha\beta\}$$

(A, α, β は定数)

の形で表わされる。すなわち、 b についての高々 1 次式となるわけである。従って μ_3 全体もそうであり、 $m_3 = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}}$ について、

$$\frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} = O^*\left(\frac{b^1}{b^{3/2}}\right) = O(b^{-1/2}) \rightarrow 0$$

($b \rightarrow \infty$ のとき)

という漸近性が示されるわけである。一方、 μ_4 は、

$$\begin{aligned} \mu_4 &= E[(X - E(X))^4] \\ &= E\left[\left\{\sum_i (x_i - p^i)\right\}^4\right] \\ &= E\left[\left\{\sum_i (x_i - p^i)\right\} \left\{\sum_j (x_j - p^j)\right\} \left\{\sum_l (x_l - p^l)\right\} \left\{\sum_r (x_r - p^r)\right\}\right] \\ &= \sum_{i \neq j \neq l \neq r} E[(x_i - p^i)(x_j - p^j)(x_l - p^l)(x_r - p^r)] \\ &\quad + \frac{4!}{3!1!} \sum_{k=i \neq i} \sum_{r+l, j, i} E[(x_i - p^i)(x_j - p^j)(x_l - p^l)] \cdot E[(x_r - p^r)] + \end{aligned}$$

*) 多項式のオーダーを表わす記号

$f(x) = O(x^k)$ とは、 $\frac{f(x)}{x^k} \rightarrow \text{const.} (x \rightarrow \infty)$ を意味する。

$$\begin{aligned}
 & + \frac{4!}{2!2!} \sum_{r=2} \sum_{j=1} \sum_{\substack{i+l, \\ l+i, i}} \sum_{\substack{r+l, \\ l+r}} E[(x_i - p^3)(x_j - p^3)] \cdot E[(x_l - p^3)(x_r - p^3)] \\
 & + \frac{4!}{2!1!1!} \sum_{j=1} \sum_{\substack{i+l, \\ l+i, r}} \sum_{r+l} E[(x_i - p^3)(x_j - p^3)] \cdot E[(x_l - p^3)] \cdot E[(x_r - p^3)] \\
 & + \frac{4!}{1!1!1!1!} \sum_{j=1} \sum_{l+i, i} \sum_{r+l, i} E[(x_i - p^3)] \cdot E[(x_j - p^3)] \cdot E[(x_l - p^3)] \cdot E[(x_r - p^3)] \\
 = & \sum_{i=1} \sum_{j=2} \sum_{l=2} \sum_{r=3} E[(x_i - p^3)(x_j - p^3)(x_l - p^3)(x_r - p^3)] \\
 & + \frac{4!}{2!2!} \sum_{r=2} \sum_{j=1} \sum_{\substack{i+l, \\ l+i, i}} \sum_{\substack{r+l, \\ l+r}} E[(x_i - p^3)(x_j - p^3)] \cdot E[(x_l - p^3)(x_r - p^3)]
 \end{aligned}$$

∴ $E[(x_i - p^3)] = 0$ など単独 JOIN (⇐) について $E[\cdot] = 0$

となる。μ₃ と比して「ひとかたまり」のパターンを表わす第1項の他にもう1つの項が残ることが特徴的である。図3-10に示したとおり、μ₄ に関するパターンは10種あるが、このうち P₄₋₄, P₄₋₅, P₄₋₆ の「共有セルを持つ2本のJOINが2組分かれて生起するパターン」が上式第2項に相当する。これに対して、第1項に相当する他の7種のパターンはいずれも「ひとかたまり」のパターンであり、これらの総数 N(P_i) がメッシュ規模 b の1次式となることは前述のとおりである。従って、

$$\begin{aligned}
 \mu_4 = & O(b^2) \\
 & + \frac{4!}{2!2!} \times \left\{ \sum_{j+l} E[(x_i - p^3)] \cdot E[(x_j - p^3)] + 2! \sum_{\substack{i+l, \\ l+i}} \sum_{\substack{r+l, \\ l+r}} E[(x_i - p^3)] \cdot E[(x_j - p^3)(x_l - p^3)] \right. \\
 & \left. + 2!2! \sum_{\substack{j+l, m+l, i+l, r+l, \\ l+i, i, m+l, i}} E[(x_i - p^3)(x_j - p^3)] \cdot E[(x_l - p^3)(x_r - p^3)] \right\}
 \end{aligned}$$

と分解できる。ここで、メッシュ全域にわたる2重JOIN (⇐) の数を B (= $m(m-1) + m(n-1) = 2b - a$)、隣接JのIN a ペア (⇐, ⇐) の数を C (= $n(m-2) + m(n-2) + 4(m-1)(n-1) = 2(3b - 3a + 2)$) とおくと、各Σの意味

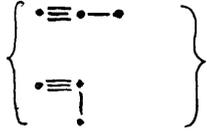
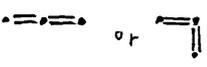
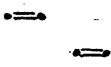
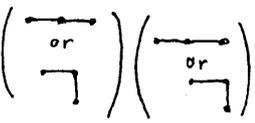
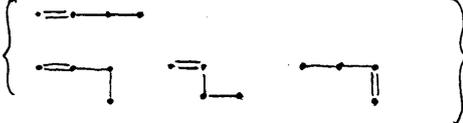
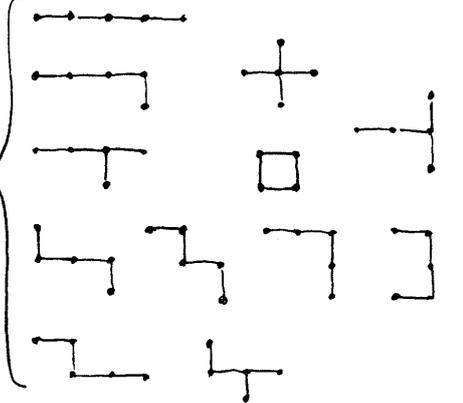
パターン	対応する項
P_{4-1} 	$\sum_i E[(x_i - p^i)^4]$
P_{4-2} 	$\sum_{\substack{j \neq i \\ j \sim i}} E[(x_i - p^i)^3 (x_j - p^j)]$
P_{4-3} 	$\sum_{\substack{j \neq i \\ j \sim i}} E[(x_i - p^i)^2 (x_j - p^j)^2]$
P_{4-4} 	$\sum_{j \neq i} E[(x_i - p^i)^2] \cdot E[(x_j - p^j)^2]$
P_{4-5} 	$\sum_{\substack{l \neq j \\ l \sim j}} \sum_{i \neq j, l} E[(x_i - p^i)^2] \cdot E[(x_j - p^j)(x_l - p^l)]$
P_{4-6} 	$\sum_{\substack{j \neq i, r \neq l \\ l \neq j, r \neq i}} \sum_{\substack{j \sim i \\ l \sim r}} E[(x_i - p^i)(x_j - p^j)] \cdot E[(x_l - p^l)(x_r - p^r)]$
P_{4-7} 	$\sum_{\substack{j \neq i, l \neq j, i \\ l \sim j \sim i}} E[(x_i - p^i)^2 (x_j - p^j)(x_l - p^l)]$
P_{4-8} 	$\sum_{\substack{j \neq i, l \neq j, i \\ j \sim i \sim l}} E[(x_i - p^i)^2 (x_j - p^j)(x_l - p^l)]$
P_{4-9} 	
P_{4-10} 	$\sum_{\substack{j \neq i, l \neq j, i \\ r \neq l, r \neq i \\ r \sim l \sim j \sim i}} E[(x_i - p^i)(x_j - p^j)(x_l - p^l)(x_r - p^r)]$

図3-10. μ_4 に関するパターンと項との対応

する所 (図 3-10, $P_{4-4} \sim P_{4-6}$) より、

$$\sum_{j \neq i} \sum_{i=1}^n E[(x_i - p^i)^2] \cdot E[(x_j - p^j)^2] = \left\{ \binom{B}{2} - N(P_{4-3}) \right\} \cdot \left\{ E[(x_i - p^i)^2] \right\}^2$$

$$\sum_{\substack{j \neq i \\ i \neq l \\ l \neq j}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^n E[(x_i - p^i)] \cdot E[(x_j - p^j)(x_l - p^l)] = \left\{ \binom{B}{3} \times \binom{C}{3} - N(P_{4-2}) - N(P_{4-7}) - N(P_{4-9}) \right\} \\ \cdot E[(x_i - p^i)^2] \cdot E[(x_j - p^j)(x_l - p^l)]$$

$$\sum_{\substack{j \neq i, l \\ i \neq l, r \\ l \neq i, r \\ r \neq i, l}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^n \sum_{r=1}^n E[(x_i - p^i)(x_j - p^j)] \cdot E[(x_l - p^l)(x_r - p^r)] = \left\{ \binom{C}{2} - N(P_{4-8}) - N(P_{4-10}) - N(P_{4-11}) \right\} \\ \cdot \left\{ E[(x_i - p^i)(x_j - p^j)] \right\}^2$$

(但、 $\binom{B}{2}$ 等は組合せの数を表わす)

と書くことができる。これを b の次数について整理することより、

$$\begin{aligned} \mu_4 &= O(b^1) \\ &+ \frac{4!}{2!2!} \times \left[\frac{1}{2!} \cdot B^2 \left\{ E[(x_i - p^i)^2] \right\}^2 + \frac{1}{1!1!} 2! \cdot B \cdot C \cdot E[(x_i - p^i)] \cdot E[(x_j - p^j)(x_l - p^l)] \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2!} 2! \cdot 2! \cdot C^2 \cdot \left\{ E[(x_j - p^j)(x_l - p^l)] \right\}^2 - O(b^1) \right] \\ &= O(b^1) + \frac{4!}{2!2!} \cdot \frac{1}{2!} \left\{ B \cdot E[(x_i - p^i)^2] + 2 \cdot C \cdot E[(x_j - p^j)(x_l - p^l)] \right\}^2 \\ &= O(b^1) + \frac{4!}{2^2 2!} \mu_2^2 \end{aligned}$$

が得られ、 $m_4 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2}$ に關して、

$$\frac{\mu_4}{\mu_2^2} = O\left(\frac{b^1}{b^2}\right) + \frac{4!}{2^2 2!} \frac{\mu_2^2}{\mu_2^2} \longrightarrow \frac{4!}{2^2 2!} \quad (b \rightarrow \infty \text{ のとき})$$

となること、つまり $2k = 4$ のときの標準正規分布のモーメントに漸近することがわかるのである。

以上の考え方を一般的に拡張するとこうなる。即ち、 $k = 2k + 1$ (奇数次) のとき、

$$\begin{aligned}
\mu_{2k+1} &= E \left[\left\{ \sum_i (x_i - p^i) \right\}^{2k+1} \right] \\
&= \sum_{i_1 \sim i_2} \cdots \sum_{i_{2k+1}} E \left[(x_{i_1} - p^i) (x_{i_2} - p^i) \cdots (x_{i_{2k+1}} - p^i) \right] \\
&+ \frac{(2k+1)!}{2!(2k-1)!} \sum_{i_1 \sim i_2} \sum_{i_3 \sim i_4} \cdots \sum_{i_{2k+1}} E \left[(x_{i_1} - p^i) (x_{i_2} - p^i) \right] \cdot E \left[(x_{i_3} - p^i) (x_{i_4} - p^i) \cdots (x_{i_{2k+1}} - p^i) \right] \\
&+ \frac{(2k+1)!}{3!(2k-2)!} \sum_{i_1 \sim i_2} \sum_{i_3} \sum_{i_4 \sim i_5} \cdots \sum_{i_{2k+1}} E \left[(x_{i_1} - p^i) (x_{i_2} - p^i) (x_{i_3} - p^i) \right] \cdot E \left[(x_{i_4} - p^i) (x_{i_5} - p^i) \cdots (x_{i_{2k+1}} - p^i) \right] \\
&+ \frac{(2k+1)!}{2!(2k-3)!} \sum_{i_1 \sim i_2} \sum_{i_3} \sum_{i_4} \sum_{i_5 \sim i_6} \cdots \sum_{i_{2k+1}} E \left[(x_{i_1} - p^i) (x_{i_2} - p^i) \right] \cdot E \left[(x_{i_3} - p^i) (x_{i_4} - p^i) \right] \cdot E \left[(x_{i_5} - p^i) (x_{i_6} - p^i) \cdots (x_{i_{2k+1}} - p^i) \right] \\
&\vdots \\
&+ \frac{(2k+1)!}{2! \cdots 2! 3!} \underbrace{\sum_{i_1 \sim i_2} \sum_{i_3} \sum_{i_4} \cdots \sum_{i_{2k+1}}}_{\substack{\sim \text{結び合っている組間相互には} \\ \sim \text{関係がゼロ}}}} E \left[(x_{i_1} - p^i) (x_{i_2} - p^i) \right] \cdot E \left[(x_{i_3} - p^i) (x_{i_4} - p^i) \right] \cdots E \left[(x_{i_{2k-1}} - p^i) (x_{i_{2k}} - p^i) \right] \\
&\quad \cdot E \left[(x_{i_{2k+1}} - p^i) (x_{i_{2k+1}} - p^i) \right]
\end{aligned}$$

という形になり、 b についての最高次数は最後の項すなわち「共有セルを介して繋がった2本のJONが $k-1$ 組、同じく3本のJONが1組あり、この k 組相互の間にはセルの共有関係がない」というパターンに対応する項によって与えられ(次数を上げるべくこれ以上に細かく互いにセルの共有関係のない組に分割すると、必ず、分離された単独JONに対応する項・ $E[(x_i - p^i)]$ が出てきて期待値=0となる)、その次数は高々 k 次であることがわかる。従って、一般の奇数次のモーメントについて、

$$m_{2k+1} = \frac{\mu_{2k+1}}{\mu_{k+\frac{1}{2}}} = O\left(\frac{b^k}{b^{k+\frac{1}{2}}}\right) = O(b^{-\frac{1}{2}}) \rightarrow 0 \quad (b \rightarrow \infty \text{ のとき})$$

が言える。また、 $k=2k$ (偶数次) のときは、

$$\mu_{2k} = E \left[\left\{ \sum_i (x_i - p^i) \right\}^{2k} \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i_1 \sim i_2 \sim \dots \sim i_{2k}} E[(\alpha_{i_1} - p^2)(\alpha_{i_2} - p^2) \dots (\alpha_{i_{2k}} - p^2)] \\
 &+ \frac{(2k)!}{2!(2k-2)!} \sum_{i_1 \sim i_2} \sum_{i_3 \sim i_4 \sim \dots \sim i_{2k}} E[(\alpha_{i_1} - p^2)(\alpha_{i_2} - p^2)] \cdot E[(\alpha_{i_3} - p^2)(\alpha_{i_4} - p^2) \dots (\alpha_{i_{2k}} - p^2)] \\
 &+ \frac{(2k)!}{3!(2k-3)!} \sum_{i_1 \sim i_2 \sim i_3} \sum_{i_4 \sim i_5 \sim \dots \sim i_{2k}} E[(\alpha_{i_1} - p^2)(\alpha_{i_2} - p^2)(\alpha_{i_3} - p^2)] \cdot E[(\alpha_{i_4} - p^2)(\alpha_{i_5} - p^2) \dots (\alpha_{i_{2k}} - p^2)] \\
 &+ \frac{(2k)!}{2! \cdot 2!(2k-4)!} \sum_{i_1 \sim i_2} \sum_{i_3 \sim i_4} \sum_{i_5 \sim i_6 \sim \dots \sim i_{2k}} E[(\alpha_{i_1} - p^2)(\alpha_{i_2} - p^2)] \cdot E[(\alpha_{i_3} - p^2)(\alpha_{i_4} - p^2)] \cdot E[(\alpha_{i_5} - p^2)(\alpha_{i_6} - p^2) \dots (\alpha_{i_{2k}} - p^2)] \\
 &\vdots \\
 &+ \frac{(2k)!}{2! \cdot 2! \dots 2!} \sum_{i_1 \sim i_2} \sum_{i_3 \sim i_4} \dots \sum_{i_{2k-1} \sim i_{2k}} E[(\alpha_{i_1} - p^2)(\alpha_{i_2} - p^2)] \cdot E[(\alpha_{i_3} - p^2)(\alpha_{i_4} - p^2)] \cdot \dots \cdot E[(\alpha_{i_{2k-1}} - p^2)(\alpha_{i_{2k}} - p^2)] \\
 &\quad \underbrace{\hspace{10em}}_{R \text{個}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\sim \text{で結ばれている組間相互には} \sim \text{の関係がない}}
 \end{aligned}$$

となることより、 b についての最高次数はやはり上記の最後の項である「共有セルも有する JOIN のペアが R 組あり、これら R 組相互の間にはセルの共有関係がない」パターンに対応する項で与えられ、その次数は R 次であり、 μ_4 の時の考察にならぬ上記のパターンが 2重 JOIN (\equiv) と隣接 JOIN のペア (\dashv , \vdash) の R 個の組合せで表わされることに注意すると、

$$\begin{aligned}
 \mu_{2k} &= O(b^{R-1}) \\
 &+ \frac{(2k)!}{2! \cdot 2! \dots 2!} \times \left[\frac{1}{k!} B^R \cdot \{E[(\alpha_i - p^2)^2]\}^R \right. \\
 &\quad + \frac{1}{(R-1)!} \cdot 2! \cdot B^{R-1} \cdot C^1 \cdot \{E[(\alpha_i - p^2)^2]\}^{R-1} \cdot \left\{ E[(\alpha_j - p^2)(\alpha_l - p^2)] \right\}_{\substack{j+l \\ l=j}}^1 \\
 &\quad \vdots \\
 &\quad \left. + \frac{1}{R!} (2!)^R \cdot C^R \cdot \left\{ E[(\alpha_j - p^2)(\alpha_l - p^2)] \right\}_{\substack{j+l \\ l=j}}^R - O(b^{R-1}) \right]
 \end{aligned}$$

$$= O(b^{k-1}) + \frac{(2k)!}{2^k k!} \{ B \cdot E[(\alpha_i - p^k)] + 2C \cdot E[(\alpha_i - p^k)(\alpha_i - p^k)] \}^k$$

$$= O(b^{k-1}) + \frac{(2k)!}{2^k k!} \mu_2^k$$

と整理されることがわかる。従って、一般の偶数次について、

$$\mu_{2k} = \frac{\mu_{2k}}{\mu_2^k} = O\left(\frac{b^{k-1}}{b^k}\right) + \frac{(2k)!}{2^k k!} \frac{\mu_2^k}{\mu_2^k} \longrightarrow \frac{(2k)!}{2^k k!} \quad (b \rightarrow \infty \text{ のとき})$$

が言えるわけである (補注(1))

実際のメッシュでの正規分布への接近の様子については、大江(1977)⁹⁾の、4×4のメッシュのすべてのパターンについてJOIN数を数え上げその頻度分布を見た例^{*}があるが、これをさらに詳しくさせるために、ランダムな黒・白パターンを発生させ、シミュレーションを行なった結果を表3-1~表3-4に示す。表3-1は予備実験で、どれ位のサンプルをどれほど正規分布^{**}であるかの傾向が出るかを見たもので、これによれば、500個のサンプルで出た傾向、即ち、

表3-1. サンプル数と黒-黒JOINの分布形指標に関するシミュレーション結果
(判定欄は、×・・・正規分布であるという仮説が、1%で棄却される。
△・・・同仮説が、1%で棄却されないが5%で棄却される。
○・・・同仮説が、5%で棄却されない。)

「10×10メッシュ

2、黒セルの生

起確率 p=0.5の

場合について、

kurtosis (尖度)

からは正規分布

であるという仮

メッシュ規模 n × m	黒セルの 生起確率 p	サンプル数	Skewness		Kurtosis	
			r ₁ /5%点の値 1%点の値	判定	r ₂ /5%点の値 1%点の値	判定
10 × 10	0.5	100	-0.252/0.389 0.567	○	-0.210/-0.65~.77 -.82~1.39	○
10 × 10	0.5	500	0.277/0.179 0.255	×	.107/-0.33~.37 -.43~.60	○
10 × 10	0.5	1000	0.229/0.127 0.180	×	.049/-0.24~.26 -.32~.41	○
10 × 10	0.5	2000	0.245/0.090 0.127	×	.156/-0.17~.18 -.23~.28	○

*) 但、この例は以下のシミュレーションとは違い、黒セルの生起確率 p ではなく、生起個数 P を固定する考え (non-free-sampling) に基づいて行なわれているが、本質的な差はない。

**) p の固定下ではクラス値の標準正規分布性と同値である。

説は捨てられないが、skewness (歪度) の値からは正規分布であることも棄却できる」がそれ以上サンプルの個数を増やしても一定していることがわかる。表3-2以降はこの結果に基づき、一部を除きサンプルの数を500個として、メッシュ規模、1用途の生起確率、

表3-2. メッシュ規模と黒-黒JOINの分布形指標に関するシュミレーション結果
(判定欄は、表3-1と同様。5%点、1%点の値は30×30以外は2×5と同じ)

メッシュ規模 n × m	黒セルの 生起確率 p	サンプル数	Skewness		Kurtosis	
			γ_1 /5%点の値 1%点の値	判定	γ_2 /5%点の値 1%点の値	判定
2 × 5	0.5	500	0.938/0.179 0.255	×	1.254/-.33~.37 -.43~.60	×
2 × 10	0.5	500	0.797	×	.818	×
2 × 20	0.5	500	0.484	×	.255	○
5 × 5	0.5	500	0.564	×	.283	○
10 × 10	0.5	500	0.277	×	.107	○
15 × 15	0.5	500	0.231	△	-.070	○
20 × 20	0.5	500	0.163	○	.136	○
30 × 30	0.5	250	-0.074/0.251 0.360	○	.130/-.45~.52 -.58~.87	○
10 × 20	0.5	500	0.142	○	.035	○
15 × 20	0.5	500	0.213	△	.020	○
17 × 23	0.5	500	-0.072	○	-.268	○

表3-3. 生起確率と黒-黒JOINの分布形指標に関するシュミレーション結果
 (判定欄は、表3-1と同様。5%点、1%点の値は表3-2の2x5と同じ)

メッシュ規模 n × m	黒セルの 生起確率 p	サンプル数	Skewness		Kurtosis	
			γ_1	判定	γ_2	判定
17 × 23	0.1	500	0.458	×	0.129	○
17 × 23	0.2	500	0.434	×	0.968	×
17 × 23	0.3	500	0.184	△	0.223	○
17 × 23	0.4	500	0.123	○	-0.270	○
17 × 23	0.5	500	-0.072	○	-0.268	○
17 × 23	0.7	500	-0.007	○	0.108	○
17 × 23	0.9	500	0.027	○	-0.263	○

表3-4. 生起確率と黒-白JOINの分布形指標に関するシュミレーション結果
 (判定欄は、表3-1と同様。5%点、1%点の値は表3-2の2x5と同じ)

メッシュ規模 n × m	黒セル、 白セルの 生起確率 P _i , P _j	サンプル数	Skewness		Kurtosis	
			γ_1	判定	γ_2	判定
17 × 23	0.1, 0.2	500	0.155	○	-0.189	○
17 × 23	0.1, 0.3	500	0.223	△	-0.028	○
17 × 23	0.1, 0.4	500	0.139	○	-0.135	○
17 × 23	0.1, 0.9	500	-0.079	○	-0.212	○
17 × 23	0.2, 0.3	500	0.207	△	0.056	○
17 × 23	0.3, 0.4	500	-0.061	○	-0.134	○
17 × 23	0.3, 0.7	500	0.020	○	-0.093	○
17 × 23	0.5, 0.5	500	0.071	○	-0.136	○

2用途の生起確率を夫々変化させて、正規性が保たれるかどうかを見たものである。これによれば、① $p = 0.5$ と固定したとき、メッシュ規模が 20×20 , 17×23 程度以上なら、黒-黒 JOIN の正規性は棄却できない(表3-2)、②逆にメッシュ規模を 17×23 に固定したとき、黒セルの生起確率を変えて黒-黒 JOIN の分布形をみると $p = 0.3 \sim 0.4$ 程度以上であれば正規性は棄却できない(表3-3)、③さらに②と同じメッシュ規模で黒セル・白セルの生起確率を変え、黒-白 JOIN の分布形をみると、ほぼ比率のべア (p_i, p_j) に関係なく正規性は棄却できない(表3-4)とい、たことがわかる、特に異種用途間の JOIN について、一定の規模以上のメッシュなら、正規性は広く否定できると考えてよいようである。*) 実際の分布の一例を図3-11に示しておく。

以上、JOIN という概念について理論的な掘下げを試みてみた。ランダム状態における期待値・分散は実用的な意味があり、クラス値の正規性の考察からは

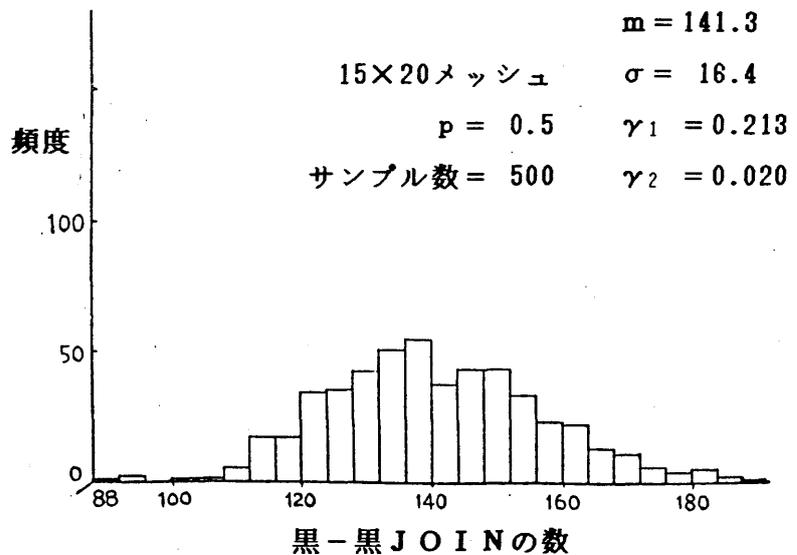


図3-11. JOINの頻度分布の例

*) 以上の議論の初出は文献10)又は11)。

空間的パターンと統計量との興味ある関係が示されている。これを用いて、土地利用関係のケーススタディを行なう。た例としては、小出(1977¹²⁾、1980¹³⁾)などが挙げられるが、本章の第2節では、CLUMPの概念と合わせて同種用途間JOINで集塊性の分析を、又第3節では、異種用途間JOINで隣接関係の分析を、いずれも時点間(昭和45年→54年)・都市間(高崎市昭和35年DID→東京区部)と比較する形で、また、JOINの実数値をも交え、より直観に訴えやすい形で行なっている。(補注(2)及び3-2節の冒頭参照)。

3-1-3、エントロピーと情報量尺度

CLUMPは同種用途の集塊性を、JOINはこれに加えて異種用途間の隣接性を計量的に分析するための手法である。次に、情報理論^{*}からのアナロジーで導入する「エントロピー」は、いわば、セル-メッシュ型の土地利用パターン全体の秩序性を示す指標と考えられるものである。

L用途で塗り分けられたセル-メッシュ型の土地利用データがあるとす。第*i*用途($i=1, 2, \dots, n$)の生起確率を P_i とおいて、エントロピー- H_1 を、

$$H_1 = -\sum_{i=1}^L P_i \log_2 P_i \quad (\text{但、}\sum_{i=1}^L P_i = 1)$$

*) 以下導入する概念の情報理論における原型については文献(4)などを参照。

で定義する。情報理論で知られるとおり、 H_1 の最大・最小は、

$$H_{1\max} = \log_2 L \quad (\text{if } P_i = \frac{1}{L} \quad (i=1, \dots, L))$$

$$H_{1\min} = 0 \quad (\text{if } P_i = 1, P_j = 0 \quad (j \neq i))$$

で与えられる。すなわちすべての用途が等確率で生起するときエントロピー H_1 は最大となり、特定の1用途のみが生起するとき最小となる。いわば H_1 は生起確率の多様性の指標と言える。また、 H_1 に対応する量として、

$$R_1 = 1 - \frac{H_1}{H_{1\max}} \quad (0 \leq R_1 \leq 1)$$

が定義される。情報理論で「冗長度」と言われる量で、最大エントロピーからの隔たりを示す。エントロピーとは逆に、生起確率の秩序性の度合いを表わしていると言える。図3-12は2用途の場合について、各用途の生起確率を変え、 H_1 、 R_1 を計算したものである。1つの用途で全域が占められている場合、 $H_1 = 0$ (最小)、 $R_1 = 1$ (最大)となり、黒・白半々の場合、 $H_1 = 1$ (最大)、 $R_1 = 0$ (最小)、そしてその中間の場合は1と0の間の値を示すということが

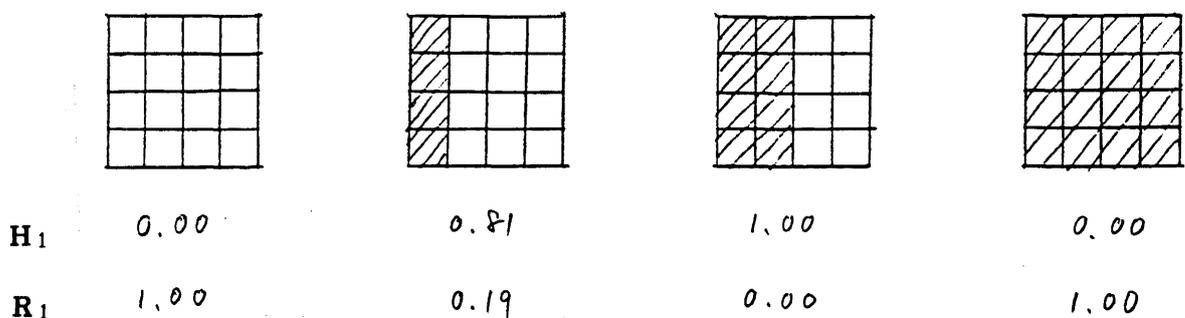


図3-12. 4種類の生起確率系に対する H_1 、 R_1

わかる。

次に、用途間の隣接状態の秩序性をエントロピーで表わすことを考えてみる。いま、 i 用途のセルに隣接して j 用途が生起する確率 p_{ij} を、

$$p_{ij} = \frac{\sum_R \frac{n(i-j)_R}{n(i)_R} \cdot n(i)_R}{\sum_j \left(\sum_R \frac{n(i-j)_R}{n(i)_R} \cdot n(i)_R \right)} = \frac{\sum_R n(i-j)_R}{\sum_j \sum_R n(i-j)_R}$$

但、 $n(i)_R$: R 番目の i 用途のセルに隣接する総セル数

$n(i-j)_R$: R 番目の i 用途のセルに隣接する j 用途のセル数

で計ることとし、エントロピー H_2 を

$$H_2 = - \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p_i p_{ij} \log_2 p_{ij}$$

で定義する。 H_2 の最大・最小は、

$$H_{2\max} = \log_2 L \quad (\text{if } p_{ij} = \frac{1}{L} \quad (i, j = 1, \dots, L))$$

$$H_{2\min} = 0 \quad (\text{if } p_{ij} = 1, p_{ik} = 0 \quad (k \neq j, i = 1, \dots, L))$$

で与えられる。すなわち、ある用途にもう一つの用途(同種用途を含む)が隣接する確率が用途の組によらず等しいとき H_2 は最大となり、ある用途には必ずもう一つの特定用途が隣接する時、すなわち隣接する用途の組がはきりと限定されているとき H_2 は最小となる。これに対する冗長度として、

$$R_2 = 1 - \frac{H_2}{H_{2\max}}$$

も定義される。 H_2 が隣接関係の無秩序性、 R_2 が隣接関係の秩序性を

表わす指標である。(図3-13参照。解説は後述)。

さらに、エントロピー $H(2)$

$$H(2) = - \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L P_i P_{ij} \log_2 P_i P_{ij}$$

を考える。これは言わば、生起確率と隣接確率を合成した系全体のエントロピーと目されるが、実際、

$$\begin{aligned} H(2) &= - \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L P_i P_{ij} (\log_2 P_i + \log_2 P_{ij}) \\ &= - \sum_{i=1}^L P_i \log_2 P_i - \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L P_i P_{ij} \log_2 P_{ij} = H_1 + H_2 \end{aligned}$$

となる。すなわち $H(2)$ は生起確率に起因するエントロピーと隣接確率に起因するエントロピーの和となる。勿論、これに対応して、

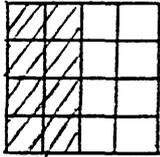
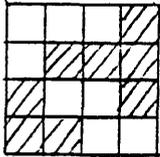
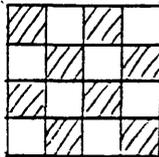
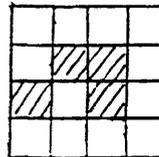
	(1)	(2)	(1')	(2')
				
H_1	1.00	1.00	1.00	0.81
H_2	0.65	1.00	0.00	0.90
$H(2)$	1.65	2.00	1.00	1.71
R_1	0.00	0.00	0.00	0.19
R_2	0.35	0.00	1.00	0.10
$R(2)$	0.18	0.00	0.50	0.15
I	0.35	0.00	1.00	0.02
S	0.21	0.00	1.00	0.01

図3-13. 4種類のパターンに対する H, R, I, S

$$R_{(2)} = 1 - \frac{H_{(2)}}{H_{(2)\max}}$$

が定義される。図3-13は、4種のパターン（左3種は2用途の生起確率が共通）について、上述の H と R も計算したものである。2用途が半々の割合で生起する(Ⅰ)~(Ⅳ)は H_1 は夫々1.00 ($=H_{1\max}$)と大きな値を示すが、用途間の隣接状態に違いがあるため H_2 で差が出ている。すなわち、市松模様のように白と黒が互いに生起している(Ⅰ)は最も隣接がはきりしており H_2 は0 ($=H_{2\min}$)であり、黒用途と白用途がメッシュの半分に塊ま、ている(Ⅱ)が次に小さく、両用途の隣接関係がランダムな(Ⅲ)は $H_2=1.00$ ($=H_{2\max}$)となるわけである。また、(Ⅳ)は H_1 については白用途の生起確率が大きいため、(Ⅰ)~(Ⅲ)よりも小さい値になるが、隣接関係は(Ⅱ)や(Ⅲ)よりもランダムに近いため H_2 が大きくなり、その結果として $H_{(2)}$ は(Ⅱ)を凌ぐ値となる、ている。 $R_1, R_2, R_{(2)}$ からはこれらと逆の傾向が読みとれよう。3-4節におけるケーススタディではこのい、た指標を用いて、比率構成の秩序性及び隣接関係の秩序性の分析を行っている。

なお、同図に加えた I と S は、

$$I = \sum_i \sum_j P_i P_j \log_2 \frac{P_i P_j}{P_i P_j}$$

$$S = I / H_{(2)}$$

で定義されるもので、夫々、「相互情報量」、「情報類似度」と呼ばれている。Iは隣接関係の秩序性を生起確率で補正したものであ

り、任意の i, j について

$$P_{ij} = P_j \quad (\text{即ち、} j \text{ 用途の生起が} i \text{ 用途に対して独立})$$

のとき $I = 0$ となり、その状態から離れるほど大きな正の値になる。
 また S はさらに I を $H(\cdot)$ で基準化したもので、「全体の情報量のうちどれほどが純粋に隣接関係からくる情報に依存しているか」を示すものである。まとめの第4章において用いている。

3-1-4. CLUMP, JOIN, インターロピーの相互関係。

3つの概念の理論的考察のしめくりとして、厳密な形ではないがこれらの間に成立する相互関係について2つの観点からまとめおくことにする。

① CLUMPの数と同種用途間JOINの実数について

このことについては、グラフ理論でよく知られた式をそのまま使うことができる。平面グラフにおける Eulerの式¹⁵⁾

$$v - e + r = S$$

但、 v : 頂点の数 r : 領域の数

e : 辺の数 S : 連結成分の数

を見れば、特定用途のみに着目した場合、 v をその用途の生起しているセルの数、 e を同種用途間JOINの数、 S をCLUMPの数に対応させることができる。 r は、JOINにより、囲まれている閉路(CYCLE; □のような形)の数ということができる。すなわち、

$$\begin{aligned} & (\text{セル数}) - (\text{JOINの実数}) + (\text{CYCLEの実数}) \\ & = (\text{CLUMPの数}) \end{aligned}$$

となるわけである。実例を図3-14に示す。CYCLEが多くできるパターンである問題だが、そうでなければ、用途比率(従ってセル数)を固定した場合、JOINの数が大きいほど、CLUMPの数は少なくなる傾向にある。

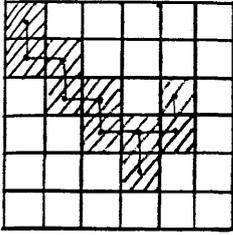
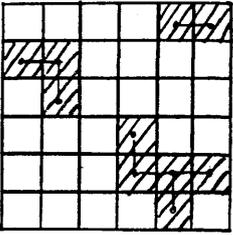
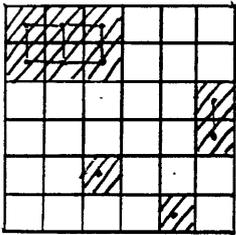
	黒セルの セル数	黒-黒JOIN の実数	黒セルの作る CYCLEの数	黒用途の CLUMP数
	10	9	0	1
			$10 - 9 + 0 = 1$	
	10	7	0	3
			$10 - 7 + 0 = 3$	
	10	8	2	4
			$10 - 8 + 2 = 4$	

図3-14. セル、JOIN、CYCLE、CLUMPの関係の実例

② 同種用途間 J O L N のクラス値 (Z_{BB}) とパターン の冗長度 (R するち $R(2)$) について

これについては、Gatrell, A. C. (1977)¹⁶⁾ が実験的な回帰式を算出している。彼は、10セル×10セルのメッシュについて、白・黒2用途からなるパターンを、各用途比率固定下 ($P_B=0.5$ $P_W=0.5$, $P_B=0.25$ $P_W=0.75$, $P_B=0.10$ $P_W=0.90$ の3セット。但、 P_B は黒セルの確率、 P_W は白セルの確率) で各セット20個ずつ (ランダムに発生させたものもそうでないものも含んでいる。 $P_B=P_W=0.5$ のセットからの例を図3-15に示す) 描き、セットごとに黒-黒 J O L N のクラス値 (Z_{BB}) とパターン の冗長度 (R (前述の $R(2)$)) の関係を見ている (図3-16)。これによれば、 $P_B=P_W=0.5$ のセット1については、 R が Z_{BB} の2次関数となる関係がほぼ認められ、実際、回帰式が、

$$R = -0.007 - 0.006 Z_{BB} + 0.020 Z_{BB}^2 \quad \dots (3-11)$$

(F値 = 314.13 で 1% レベルで有意)

と算出されている (Gatrell は残り2つのセットについても、 R と Z_{BB} の放物線的関係が「明らかである」として、やはり回帰式を作っており、実際 1% レベルで有意の回帰式が得られている。しかし、筆者が図3-16の回帰曲線と各サンプル値の分布状態を見る限りでは、セット1の R と Z_{BB} の関係に比して、かなり緩い (2次式の範

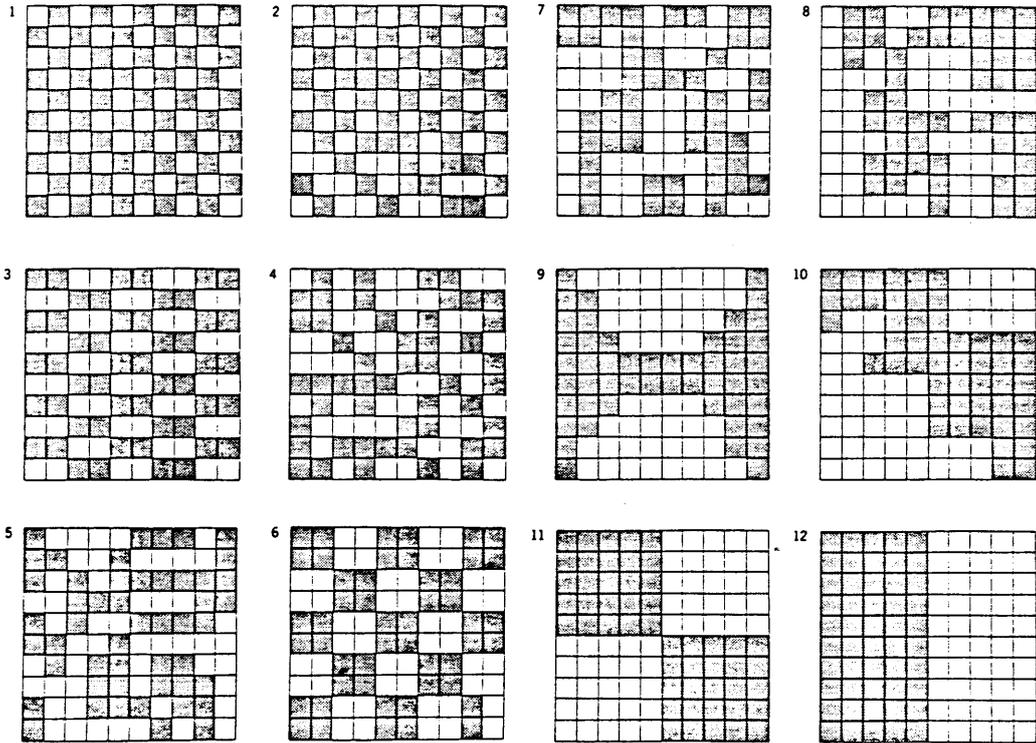


図 3 - 15 . 10セル×10セル , $P_B = P_W = 0.5$ のパターンの実例 (文献16 pp.32より)

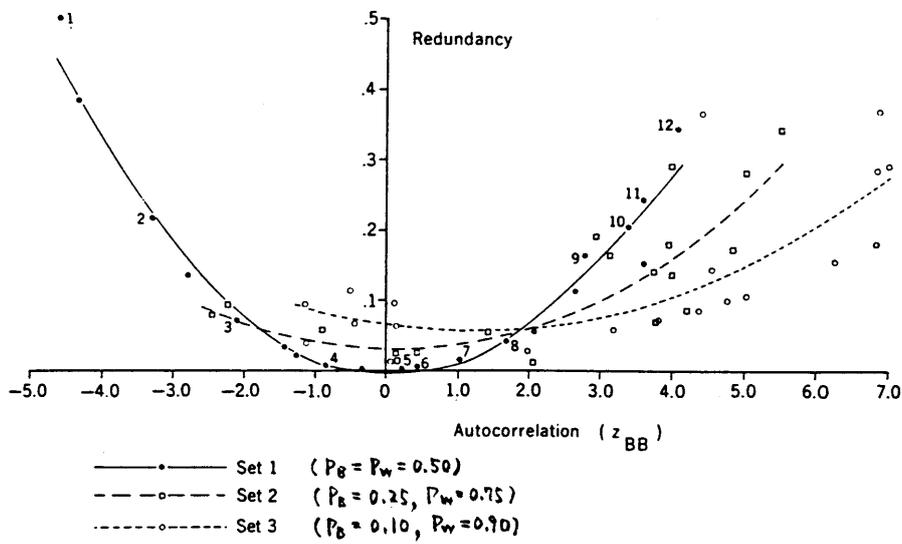


図 3 - 16 . 3種類 の生起確率系 に対する Z_{BB} と R の関係 (文献16 pp.37より)

困で見ると限り) ものにな、てい、ると思われ、るのでこ、こ、では呈、示、し、な、い、)。

と、こ、ろ、で、こ、の、関、係、は、次、の、よ、う、に、理、論、的、に、考、察、す、る、こ、と、も、で、き、る。い、ま、 $m \times m$ メ、ッ、シ、ュ、の、端、の、セ、ル、同、士、を、貼、り、合、わ、せ、図、3-17の、様、に、ト、ー、ラ、ス、を、作、る。こ、の、ト、ー、ラ、ス、に、つ、い、て、黒-黒、 J_{BB} の、数、を、 J_{BB} 、黒-白、白-白の、と、れ、を、 J_{BW} 、 J_{WW} と、す、る、と、黒-黒、 J_{BB} の、数、に、つ、い、て、は、黒、セ、ル、2個、が、黒-白、 J_{BW} の、数、に、つ、い、て、は、黒、セ、ル、1個、と、白、セ、ル、1個、が、厳、密、に、対、応、す、る、こ、と、等、に、よ、り、

$$2J_{BB} + J_{BW} = (\text{黒セルに隣接する全セル数}) = 4P_B b \dots \dots (3-12)$$

$$J_{BW} + 2J_{WW} = (\text{白セルに隣接する全セル数}) = 4P_W b \dots$$

(但、 $b = mn$ 、 $P_B + P_W = 1$)

が、厳、密、に、成、り、立、つ。こ、れ、を、用、い、て、 R ($R(z)$)も、考、え、る。 P_{BB} 以、下、

$$P_{BB} = \frac{(\text{黒セルに隣接する黒セルのべ数})}{(\text{黒セルに隣接するのべセル数})} = \frac{2J_{BB}}{2J_{BB} + J_{BW}} = \frac{J_{BB}}{2P_B b}$$

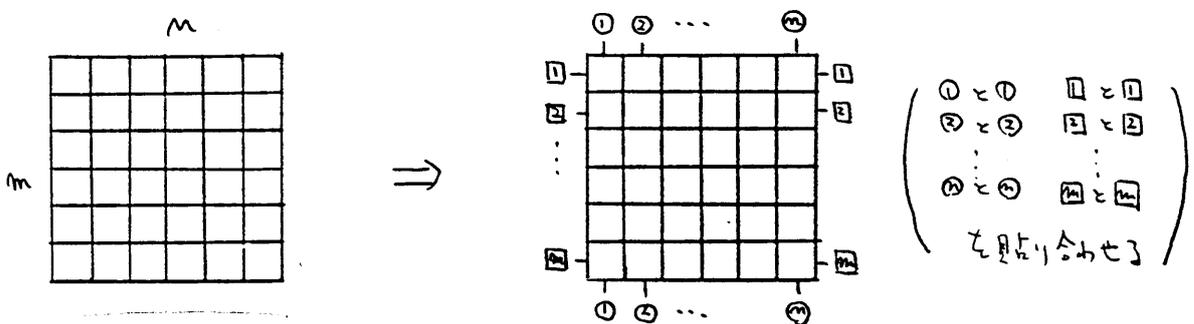


図3-17. メッシュからトーラスの作成

$$P_{BW} = \frac{J_{BW}}{2J_{BB} + J_{BW}} = \frac{J_{BW}}{4P_B b}$$

$$P_{WB} = \frac{J_{BW}}{J_{BW} + 2J_{WW}} = \frac{J_{BW}}{4P_W b}$$

$$P_{WW} = \frac{2J_{WW}}{J_{BW} + 2J_{WW}} = \frac{J_{WW}}{2P_W b}$$

となることにより、 $I = \int_0^1 H(z) dz$ は、

$$H(z) = -P_B \cdot P_{BB} \ln_2 P_B P_{BB} - P_B P_{BW} \ln_2 P_B P_{BW} \\ - P_W P_{WB} \ln_2 P_W P_{WB} - P_W P_{WW} \ln_2 P_W P_{WW}$$

$$= -\frac{J_{BB}}{2b} \ln_2 \frac{J_{BB}}{2b} - 2 \cdot \frac{J_{BW}}{4b} \ln_2 \frac{J_{BW}}{4b} - \frac{J_{WW}}{2b} \ln_2 \frac{J_{WW}}{2b}$$

$$(3-12) \rightarrow \downarrow = -\frac{J_{BB}}{2b} \ln_2 \frac{J_{BB}}{2b} - \frac{4P_B b - 2J_{BB}}{2b} \ln_2 \frac{4P_B b - 2J_{BB}}{4b} - \frac{2P_W b - 2P_B b + J_{BB}}{2b} \ln_2 \frac{2P_W b - 2P_B b + J_{BB}}{2b}$$

と書くことができて、従って、 $R = R(z)$ は、

$$R = 1 - \frac{H(z)}{H(z)_{\max}} \\ = 1 + \frac{\frac{J_{BB}}{2b} \ln_2 \frac{J_{BB}}{2b} + \frac{4P_B b - 2J_{BB}}{2b} \ln_2 \frac{4P_B b - 2J_{BB}}{4b} + \frac{2P_W b - 2P_B b + J_{BB}}{2b} \ln_2 \frac{2P_W b - 2P_B b + J_{BB}}{2b}}{\ln e 2^3}$$

と P_B, P_W の固定下では J_{BB} のみの関数とすることができる。一方、黒-黒 JOIN のフラクタル値 Σ_{BB} の定義もより、

$$\Sigma_{BB} = \frac{J_{BB} - E[J_{BB}]}{\sqrt{V[J_{BB}]}} \\ = \frac{J_{BB} - 2bP_B^2}{\sqrt{2bP_B^2 + 12bP_B^3 - 14bP_B^4}}$$

$$\left(\begin{array}{l} \because 3-1-2 \text{ 節と同様の考察をトラス} \\ \text{1-1-1 節で行なう。} \\ E[J_{BB}] = 2bP_B^2 \\ V[J_{BB}] = 2bP_B^2 + 12bP_B^3 - 14bP_B^4 \\ \text{が得られる。} \end{array} \right)$$

と P_B の固定下では J_{BB} のみの関数となる。従って、 R と Σ_{BB}

は J_{BB} を媒介変数として直接的に繋が、こいるとい) ことができるわけである。ここにおいて、例えは、Gatrell の例に合わせて、

$b = 100$, $P_b = P_w = 0.5$ を代入すると、

$$\Sigma_{BB} = \frac{J_{BB} - 50}{10.6}$$

$$R = 1 + \frac{2}{\ln_e 4} \left(\frac{J_{BB}}{200} \ln_e \frac{J_{BB}}{200} + \frac{100 - J_{BB}}{200} \ln_e \frac{100 - J_{BB}}{200} \right)$$

となる。ここで A を、

$$A = \frac{J_{BB} - 50}{200}$$

とおくと、

$$\Sigma_{BB} = \frac{200 A}{10.6}$$

$$\begin{aligned} R &= 1 + \frac{2}{\ln_e 4} \left\{ \frac{50 + (J_{BB} - 50)}{200} \ln_e \frac{50 + (J_{BB} - 50)}{200} + \frac{50 - (J_{BB} - 50)}{200} \ln_e \frac{50 - (J_{BB} - 50)}{200} \right\} \\ &= 1 + \frac{2}{\ln_e 4} \left\{ \left(\frac{1}{4} + A \right) \ln_e \frac{1}{4} (1 + 4A) + \left(\frac{1}{4} - A \right) \ln_e \frac{1}{4} (1 - 4A) \right\} \end{aligned}$$

と整理される。さらに、 R の $\ln()$ を A の 2 次の項まで Taylor 展開 (J_{BB} の平均値 (50) の回りで展開していることになる) して整理するということを試みると、 $R = \Sigma_{BB}$ は

$$\begin{aligned} R &= 1 + \frac{2}{\ln_e 4} \left\{ \left(\frac{1}{4} + A \right) \left(-\ln_e 4 + 4A - \frac{1}{2}(4A)^2 + \dots \right) + \right. \\ &\quad \left. \left(\frac{1}{4} - A \right) \left(-\ln_e 4 - 4A - \frac{1}{2}(4A)^2 - \dots \right) \right\} \\ &\approx 1 + \frac{2}{\ln_e 4} \left\{ -\frac{1}{2} \ln_e 4 + 4A^2 \right\} \\ &= \frac{8}{\ln_e 4} \left(\frac{10.6}{200} \Sigma_{BB} \right)^2 \\ &= 0.016 \Sigma_{BB}^2 \quad // \end{aligned}$$

と簡略化した関係にまとめることができる (Z_{BB} の 3 次以上の項の係数は奇数次については 0、偶数次については 2 次の $\frac{1}{45}$ 程度以下となる)。実験回帰式の (3-11) とのずれは、トーラスでないことによる用途のメッシュの効果に加えて、Taylor 展開の中心 ($J_{BB} = 50$) から遠い所にあるサンプルの影響によるものと言えよう。しかしながら、 Z_{BB} が 0 (すなわち黒セルの生起がランダム) であれば $R = 0$ (すなわち秩序性が 0) であるのは納得がいく。この意味では、実験による回帰式よりも本質的なことを語っているように思われるが、いかがだろうか。

以上の事より、2 用途に限り、比率を固定した条件の下では、同種用途間 JOIN のクラス値とパターンの冗長度 $R(R(z))$ の間には JOIN 数を介して、関数関係に近いものがあり、比率が 0.5 ずつの時には 2 次関数でかなりよく近似でき、JOIN 数が平均値付近ならば、その関係は理論的にも予測できる、とまとめることができよう。

以上で 3 種の概念 (CLUMP, JOIN, エントロピー) に関する理論的考察を終える。次節以降は、これらの概念を用いたケーススタディである。

3-2. 同種用途の集塊性の分析

土地利用カテゴリで表わされる各用途は、そもそも同種用途同士が集塊するという傾向にあるものなのだろうか、そしてその傾向は年度間・都市間でどのように変化していくものなのだろうか。本節では高崎市と東京都西部のデータを用い、そのようなことを検討してみたい。用いる指標については、前節までで既に解説されているが、その定義・意味する所、及びケーススタディにおける留意点をまとめて以下に列挙しておく。

① 土地利用比率

言うまでもなく、 $(\text{当該用途のセル数} \div \text{全セル数}) \times 100(\%)$ 。

500mメッシュ(全セル数400個)毎に計算し、市域あるいは考えている地域内の全メッシュに渡る平均値、標準偏差を表に示す(高崎市域での例は第1章で既出)。既に指摘したように、この値のみでは用途の集塊状態についての情報は得られないが、分析の基礎となる数字であることは疑いない。

② クランプ規模別クランプ数及び総クランプ数

前節第1項で示したクランプを500mメッシュ毎に、用途別・規模別に勘定し、地域内の全メッシュに渡る平均値を表に示す。やはり前節で示した期待値との比較により、各用途の集塊一分散の状況を見ることができると。概して、総クランプ数の実数が

期待値に比して少なければ集塊傾向にあり、多ければ分散傾向にあると言える。ランダム状態からの隔たりについては、クランプ規模 r に属するセル数を $n(r)$ ($= r \times$ 規模 r のクランプ数)として、期待値が0でない r について計算した χ^2 値

$$\chi^2 = \sum_r \frac{(n(r)\text{の実数} - n(r)\text{の期待値})^2}{n(r)\text{の期待値}}$$

により、いわゆる適合度検定を行なうことができる。但、ランダム状態におけるクランプ数の分散は計算されていないので、規模別のクランプ数と期待値との比較は、厳密には大小関係にのみ意味がある。

③ 平均クランプ規模

各用途毎に、当該用途のセル数 \div 当該用途のクランプ数、を平均クランプ規模として表に示す。平均的なクランプの大きさを表わす直観的に把握しやすい指標となる。

④ 同種用途間JOIN²の実数

前節第2項で示した同種用途間のJOINの数も500メッシュ毎に勘定し、地域内の全メッシュにあたる平均値、標準偏差を表に示す。同種用途の集塊性について、「比率による補正を行なうことなしに」表わした指標となる。集塊する傾向が強くてもある程度の比率がないと大きい値にはならない。

*) JOINについては次節の隣接性の分析でも使用するが、異種用途間JOINについての意味は、上記の「集塊性」を「隣接性」に読みかえればよい。

⑤ 同種用途間JOINのクラス値

同様に前節第二項のJOINのクラス値をメッシュ毎に計算し、全メッシュにわたる平均値、標準偏差を算出したものを表に示す。同種用途の集塊性を「比率による補正をして」表わした指標と言える。当該用途の比率が小さい所でも、塊ま、て存在していれば大きな値となり集塊性が検出されるが、実感と比較すると敏感に反応しすぎるきらいがある^{*}。また、当該用途の比率が大きい所では逆に思ったほどクラス値は大きくなる。④の実数と組み合わせて解釈する必要がある。

以上の指標を使い分けて、高崎市全域での昭和45年と54年、同市昭和35年DID内での昭和45年と54年、高崎市昭和35年DID内昭和54年と東京区部昭和56年、の3種類の比較分析を行なっていくことにする。

3-2-1. 高崎市全域における土地利用の集塊性とその変化

高崎市域全体(500mメッシュの数)は昭和45年・376コ、昭和54年・379コ)についてまず見てみよう。表3-5、3-7(表1-1、1-2として既出)に各年度の土地利用比率の平均値、表3-6、3-8に同標準偏差、表3-9、3-11には平均クランプ規模の実数と期待値、表3-10、3-12にクランプ規模別クランプ数の

*) この場合でも、多数のメッシュにわたって共通して大きいクラス値をとり、ていれば、集塊性と呼ぶに値する(ケーススタディの中で後述)と考える(補注(2)参照)

表3-5. 土地利用比率の平均値 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	13.6	2.4	4.0	3.2	48.3	0.6	6.5	0.7	2.5	2.0	15.7

表3-6. 土地利用比率の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	11.2	5.6	11.0	6.2	26.4	2.1	3.7	3.1	3.0	4.5	24.3

表3-7. 土地利用比率の平均値 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	18.1	3.1	4.0	4.6	37.4	1.2	9.4	0.7	2.4	2.8	15.2

表3-8. 土地利用比率の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	13.5	5.2	8.8	8.7	24.0	2.9	5.2	3.1	3.0	4.5	24.2

表3-9. 平均クランプ規模の実数と期待値
(高崎市 昭和45年 500m メッシュ 1個当り)

	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
実数	4.9	2.9	9.4	5.8	25.4	4.8	1.5	4.0	1.8	3.1	8.7
期待値	1.3	1.0	1.1	1.1	4.7	1.0	1.1	0.9	1.0	1.0	1.4

表3-10. クランプ規模別クランプ数の実数と期待値
(高崎市 昭和45年 500m メッシュ 1個当り)

用途	ク ラ ン プ 規 模								計	
	1	2	3	4	5	6	7	8~		
住	実数	5.1	1.8	1.0	0.6	0.4	0.3	0.2	1.6	11.0
	期待値	31.3	6.2	2.0	0.7	0.2	0.09	0.04	.02~.03	40.5~40.5
商	実数	2.0	0.5	0.2	0.2	0.09	0.04	0.03	0.2	3.3
	期待値	8.8	0.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	9.2~9.2
工	実数	0.7	0.3	0.1	0.1	0.04	0.05	0.02	0.3	1.7
	期待値	13.9	1.0	0.1	0.01	0.00	0.00	0.00	.00~.00	15.1~15.1
公	実数	1.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.04	0.05	0.3	2.2
	期待値	11.3	0.7	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	.00~.00	12.1~12.1
農	実数	3.0	1.1	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	2.0	7.6
	期待値	16.5	4.7	3.0	2.0	1.5	1.1	0.9	6.2~16.2	36.0~46.0
運	実数	0.3	0.08	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.07	0.5
	期待値	2.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	2.4~2.4
道	実数	12.4	2.3	0.9	0.4	0.2	0.1	0.08	0.2	16.6
	期待値	20.3	2.2	0.4	0.07	0.01	0.00	0.00	.00~.00	23.0~23.0
鉄	実数	0.4	0.1	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.7
	期待値	3.0	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	3.0~3.0
河	実数	4.5	0.6	0.2	0.08	0.05	0.03	0.01	0.2	5.6
	期待値	9.1	0.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	9.6~9.6
未	実数	1.6	0.5	0.1	0.1	0.04	0.05	0.04	0.1	2.6
	期待値	7.6	0.3	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	7.9~7.9
山	実数	4.1	1.2	0.5	0.3	0.2	0.2	0.09	0.7	7.2
	期待値	33.0	7.2	2.6	1.0	0.4	0.2	0.07	.06~.07	44.4~44.4

表3-11. 平均クランプ規模の実数と期待値
(高崎市 昭和54年 500㎡メッシュ1個当り)

	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
実数	5.5	2.5	5.5	7.1	14.1	3.4	1.9	4.0	1.9	2.7	8.8
期待値	1.5	1.0	1.1	1.1	2.9	1.0	1.2	0.9	1.0	1.0	1.4

表3-12. クランプ規模別クランプ数の実数と期待値
(高崎市 昭和54年 500㎡メッシュ1個当り)

用途	クランプ規模								計	
	1	2	3	4	5	6	7	8~		
住	実数	6.1	2.1	1.1	0.8	0.5	0.3	0.3	2.0	13.2
	期待値	34.4	8.1	3.3	1.4	0.6	0.3	0.1	0.1~0.2	47.9~48.0
商	実数	3.0	0.8	0.4	0.2	0.1	0.08	0.04	0.2	4.9
	期待値	11.2	0.6	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	11.9~11.9
工	実数	1.5	0.5	0.2	0.1	0.1	0.06	0.04	0.3	2.9
	期待値	13.8	1.0	0.1	0.01	0.00	0.00	0.00	.00~.00	14.9~14.9
公	実数	1.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.08	0.03	0.5	2.6
	期待値	15.5	1.2	0.2	0.02	0.00	0.00	0.00	.00~.00	16.9~16.9
農	実数	4.6	1.5	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	2.3	10.6
	期待値	25.8	7.9	4.8	3.0	2.1	1.5	1.1	4.3~6.8	50.5~53.0
運	実数	0.7	0.3	0.1	0.08	0.04	0.01	0.04	0.1	1.4
	期待値	4.7	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	4.8~4.8
道	実数	14.4	3.1	1.2	0.5	0.3	0.2	0.1	0.5	20.2
	期待値	25.9	3.9	0.9	0.2	0.06	0.02	0.00	.00~.00	31.0~31.0
鉄	実数	0.4	0.1	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07	0.7
	期待値	3.0	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	3.0~3.0
河	実数	3.8	0.6	0.2	0.1	0.05	0.03	0.02	0.2	5.0
	期待値	9.0	0.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	9.4~9.4
未	実数	2.5	0.7	0.3	0.2	0.09	0.07	0.04	0.3	4.1
	期待値	10.3	0.5	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	10.9~10.9
山	実数	3.9	1.2	0.6	0.3	0.2	0.09	0.07	0.7	6.9
	期待値	32.6	7.0	2.5	0.9	0.4	0.2	0.06	.05~.05	43.6~43.6

表 3 - 13 . 同種用途間 J O I N 数の平均値 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	54.0	8.1	23.3	16.1	296.1	2.6	9.8	3.3	5.3	7.9	89.3

表 3 - 14 . 同種用途間 J O I N 数の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	52.1	24.8	75.4	38.5	188.4	11.6	10.4	19.9	13.0	29.8	171.5

表 3 - 15 . 同種用途間 J O I N 数の平均値 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	73.9	9.7	19.9	24.5	210.6	4.8	19.2	3.3	5.6	9.6	87.2

表 3 - 16 . 同種用途間 J O I N 数の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	64.9	23.8	57.5	59.0	162.5	14.5	24.6	18.8	12.9	25.9	170.5

表 3-17. 同種用途間JOINのクラス値の平均値 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	6.5	4.0	7.8	7.8	4.8	6.7	2.3	5.3	2.4	5.4	5.1

表 3-18. 同種用途間JOINのクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	2.7	4.5	5.3	5.7	2.8	6.2	2.1	5.2	3.5	4.8	3.2

表 3-19. 同種用途間JOINのクラス値の平均値 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	5.9	4.8	6.3	8.6	5.3	6.0	2.7	5.8	3.0	5.0	5.3

表 3-20. 同種用途間JOINのクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	2.6	3.8	4.8	5.3	2.6	5.7	2.4	5.4	3.5	4.6	3.2

実数と期待値、表3-13、15に同種用途間JOIN数の平均値、表3-14、16に同標準偏差、表3-17、19に同種用途間JOINのクラスの平均値、表3-18、20に同標準偏差を夫々示す。

両年度を通じての全般的な傾向としては、i)比率の上位は農業用地、山林・原野、住居用地、道路の4用途で占められていること(表3-5、7)、ii)クラス規模については農業用地が他を圧倒しているが、期待値との比較においてはいずれの用途も集塊側(クラス規模の実数が期待値より大きい)の傾向が出ていること(表3-9、11)、iii)総クラス数で見ても各用途ともランダム状態より集塊する傾向(総クラス数の実数が期待値より小さい)が知られること(表3-10、12の計の欄)、iv)規模別に見たクラス数では、住居用地と農業用地で大規模クラス(8セル以上)の存在が他用途と比較して目立つこと(表3-10、12)、v)JOIN数の順位と土地利用比率の順位とは道路、河川の線状の土地利用を除いて考えればほぼ一致する(昭和54年の山林・原野と住居が替わるのみ)こと(表3-13、15)、vi)JOINのクラス値の大きい用途は、運輸・供給施設用地、鉄道、公共用地、工業用地等、概して比率の小さい用途が多いこと(表3-17、19)、などである。面的な広がりをもつ農業用地や住居用地が大規模なクラスを形成するといういわば「絶対的集塊性」を示しているのに対し、比率の小さい用途は、

比率による補正を施した集塊性を示すJOINのクラス値が大きくいわば「相対的集塊性^{*}」を示していると言える。しかし、いずれにせよ、クランプ規模、クランプ数、JOINのクラス値の3つの指標どもをみてもすべての用途が、実際にはランダム状態より集塊する傾向にある——勿論、25mセルというレベルでの話だが——ということとは共通して言えることである。

次に、2年度のランダム性の比較をしてみよう。表3-21に示したのは、用途別に、クランプ規模×クランプ数、即ち、各クランプ規模に属するセル数について先述の適合度検定を行なった結果である。これを見ると、1)ランダム状態からの隔たりについて有為性レベルが下がるものはなく、商業用地と公共用地では上昇し、住居用地、工業用地とも

表3-21. クランプ規模別セル数に関する χ^2 検定結果

用途	χ^2 値/自由度/判定	
	高崎市 昭和45年	高崎市 昭和54年
住	38.2/ 7/***	40.5/ 7/***
商	8.2/ 3/*	13.5/ 3/***
工	16.8/ 4/***	15.0/ 4/***
公	13.0/ 4/*	20.7/ 4/***
農	40.5/ 7/***	63.3/ 7/***
運	2.0/ 2/	4.2/ 2/
道	29.2/ 5/***	22.1/ 6/***
鉄	2.4/ 2/	2.4/ 2/
河	5.4/ 3/	6.1/ 3/
未	6.0/ 3/*	11.1/ 3/*
山	42.9/ 7/***	41.7/ 7/***

但、判定欄は *** : 0.5% 有為である
 ** : 0.5% 有為でないが、1%有為である
 * : 1% 有為でないが、5%有為である
 空欄 : 5% 有為でない

+) 用途比率が極めて小さい用途になると、わずかの集塊でクラス値が極端に大きな値になる場合がある(前述)。しかしながら、多数のメッシュにわたる平均的な大きな値を持つということは、偶発的な集塊によるとは言えないだろう。

に0.5%有為のランクに入ってくる、ii)同じ自由度で或いは自由度が増加しながら値が下がるものとしては、工業用地、道路、山林・原野の3用途があるが、いずれも有為性のレベルを低下させるには致っていない、iii)鉄道、河川といった線的施設、運輸・供給施設のような比率の極めて小さい施設用地は有為性レベルは大きくない、といったことがわかる。しかし、最もはっきりした傾向はii)で、道路も含め、住、

商、工、公の都市的用途は高レベルの非ランダム性を維持して推移していると言っている。一方、表3-22に示したのは、土地利用比率以下4つの指標について、昭和45年から54年の増減傾向のどの型*)に

表3-22. 同種用途の集塊状態を示す指標の変化パターンと用途の関係(高崎市 昭和45年→54年)

土地利用比率	変化パターン			用途
	平均クラス規模	JOINの実数	JOINのクラス値	
① ↗	↗	↗	↗	公*、道*
② ↗	↗	↗	↘	住*
③ ↗	↘	↗	↗	商
④ ↗	↘	↗	↘	運、未
⑤ ↘	↗	↘	↗	山
⑥ ↘	↗	↘	↘	
⑦ ↘	↘	↘	↗	農*
⑧ ↘	↘	↘	↘	
→	↘	↘	↘	工
→	→	→	↗	鉄
↘	↗	↗	↗	河

(注) *印は差の検定で4指標とも5%有為となるもの

*) 土地利用比率の増減とJOINの実数は多くは一致すると考えられるので、そうなっている変化パターンについては表の上位に示し①~⑧の番号を付した。⑧以下のものは比率とJOINの実数の増減傾向が一致しないもので、これらも若干存在する。

どの用途があてはま、ているかということである。表の番号に照らして説明を加えれば、

① 4指標すべて増加傾向にあるもので、用途比率が増え、塊の規模も大きくなり、絶対的にも相対的にも集塊化傾向にある用途である。これには、公共用地と道路が相当する。

② 4指標のうちJOINのクラス値のみが減少するもの。比率が増加し、塊そのものも集塊の度合も規模としては大きくなるが、比率で補正した相対的な集塊度は下がる、即、比率の増加の割には集塊度は上がらないということである。住居用地が相当する。

③ 平均クランプ規模のみが減少するもの。集塊する塊の大きさ自体は小さくなるが、集塊する度合は絶対的にも相対的にも大きくなるという意味を持っている。商業用地が相当している。

④ 比率とJOINの実数は増加するが、平均クランプ規模とJOINのクラス値は減少するというもの。小規模の塊が分散して出現していると考えればよいだろう。相当する用途は運輸・供給施設用地と未利用地である。

⑤ ④と全く逆のパターンで、比率とJOINの実数は減少し、他は増加するもの。④を裏返して考えれば、散在して存在していた部分が消えていった用途ということになる。山林・原野が相当している。

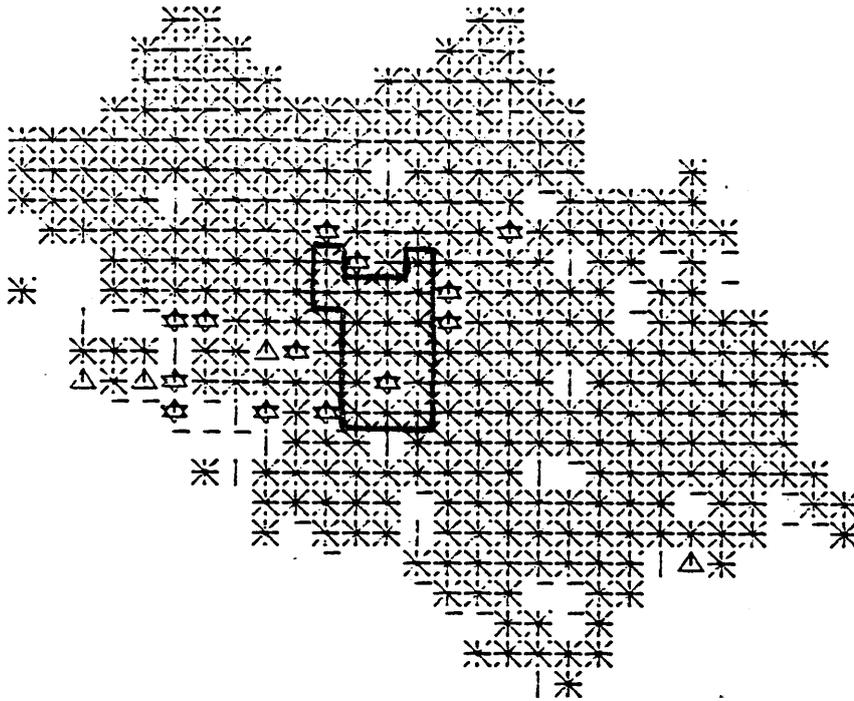
①③の裏返しであり、平均クラス規模のみが増加し、他は減少するもの。④の傾向に加えてさらに、比率の減少以上に相対的な集塊度が減少したということになる。高崎市全域の傾向としては相当する用途はない。

①③と反対の傾向するものとしてJOINのクラス値のみが増加するもの。用途は減少傾向にあるが、比率の減少割には集塊状態が保たれているものということになる。農業用地が相当する。

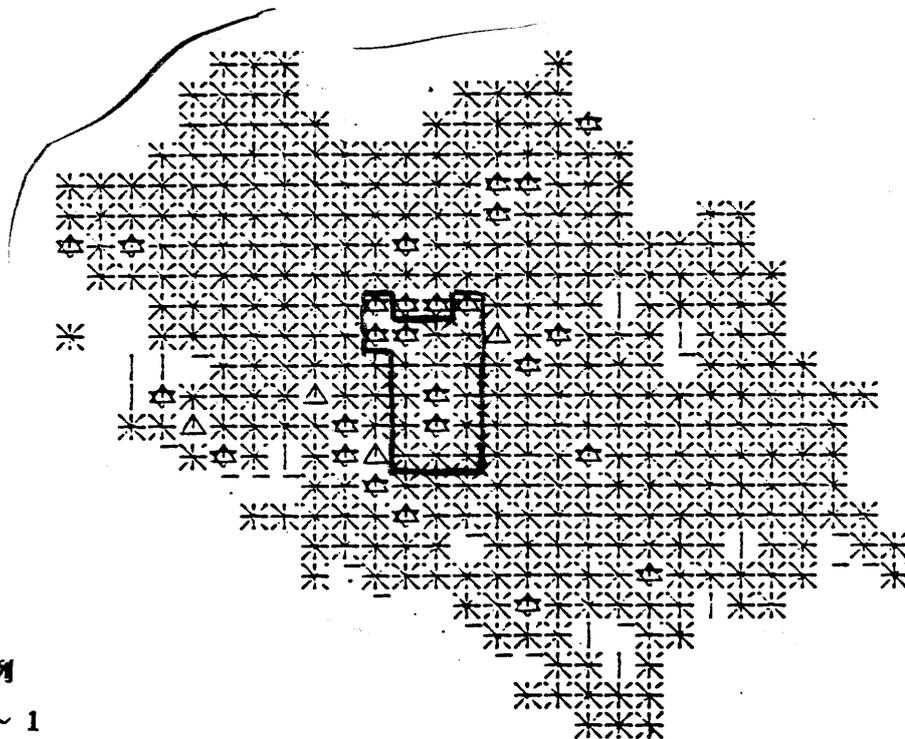
⑤⑩の逆で、4指標すべて減少するもの。比率が減少し、かつ塊の規模も減少し、集塊度が絶対的にも相対的にも下がるというもの。市域全体としては相当する用途はない。

とい、たところである。この他に、比率のみが横這いで他は減少している工業用地、JOINのクラス値以外は変化している、鉄道用地、比率は下がるが、集塊規模、集塊度は上がっている河川がある。この表より、いずれかの変化パターンに多くの用途が集中するのではなく用途によりかなり違、た傾向を示していることがわかる。土地利用比率のみでは見てとれない、用途毎に個性のある、集塊状態の遷移を上記のように分類することが出来るわけである。

特にその中でも、表3-22の*を付した用途——①の公共用地、道路、③の住居用地、④の農業用地の4つ——は（昭和54年の値—昭和45年の値）についての差の検定で4指標とも5%有為となるも

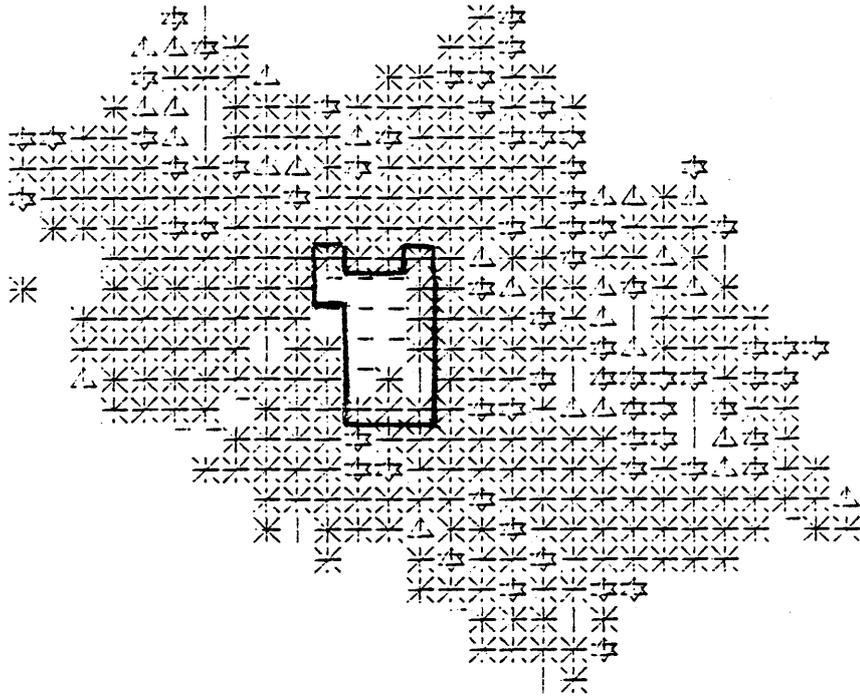


昭和45年（枠内は昭和35年D I D内に属するメッシュ）

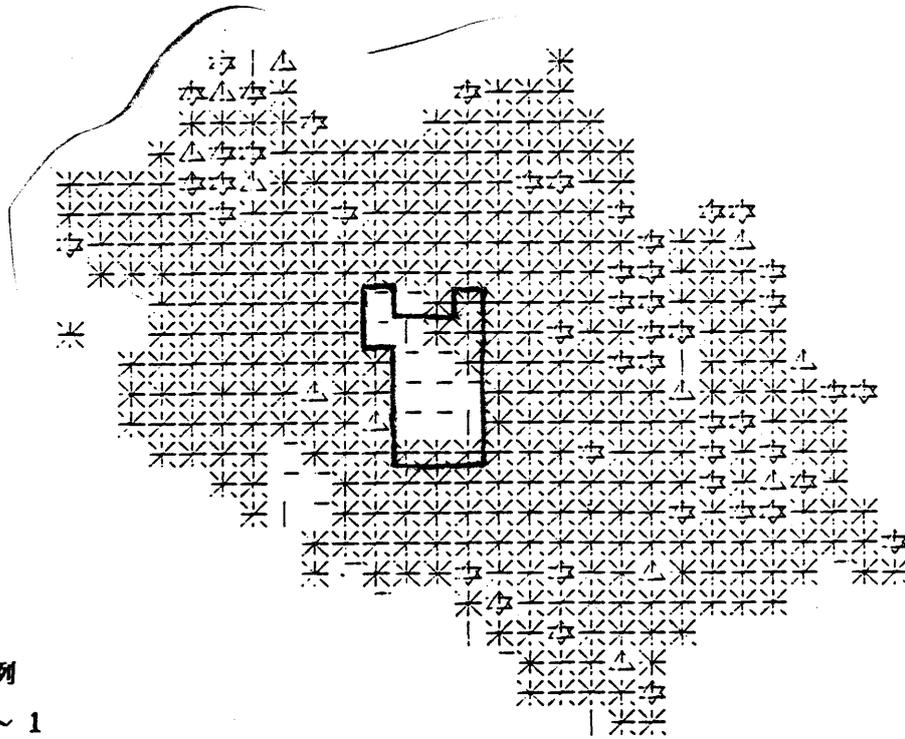


- 凡例
- | ~ 1
 - △ 1 ~ 2
 - ☆ 2 ~ 3
 - * 3 ~
 - 少なくとも一方の用途比率が0
- 昭和54年（枠内は昭和35年D I D内に属するメッシュ）

図3-18. 高崎市全域での住-住JOINのクラス値の分布



昭和45年（枠内は昭和35年D I D内に属するメッシュ）



凡例

- | ~ 1
- △ 1 ~ 2
- ☆ 2 ~ 3
- * 3 ~

昭和54年（枠内は昭和35年D I D内に属するメッシュ）

- 少なくとも一方の用途比率が 0

図3-19. 高崎市全域での農-農JOINのクラス値の分布

ので、かなり増減傾向のはっきりした用途であるということが出来る。公共用地と道路が集塊化傾向を強めながら比率を増加させているのに対し、住居用地の増加は、所々にクラス値の減少を伴っている即ち、分散化も見られるということである。これは図3-18(前頁)に示したように、市域周辺部と同時に旧市街地と目される昭和35年DIDの内部及びワリレンジでも確認できる現象である。一方、農業用地の傾向は、比率が減少している市域の周辺部でも図3-19(前頁)に示したようにクラス値はむしろ増加する方向に向いていることによるもので、集塊傾向は25mセルのレベルで見れば、依然強いと言えよう。

3-2-2. 高崎市・昭和35年DID内における土地利用の集塊性とその変化

次に、第2章で行なったのと同様にして、既成市街地と目される昭和35年DID(500mメッシュ*)の数は、昭和45年、54年とも18個)に着目し、この地域における土地利用の集塊度とその変化について見てみよう。表3-23、25に夫々の年度の土地利用比率の平均値、表3-24、26に同標準偏差、表3-27、29に平均クラス規模の実数と期待値、表3-28、30にクラス規模別クラス数の実数と期待値、表3-31、33に同種用途間JOIN数の平均値、表3-32、34に同標準偏差、表3-35、37に同種用途間JOINのクラス

* 第2章ではこの地域について、分析をきめ細かくするため、特別に250mメッシュを用いたが、本章では、異種用途間JOINの数をある程度確保するため、JOINのクラス値の正規性を保証するため理由から500mメッシュで行なっている。

表3-23. 土地利用比率の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	26.7	16.4	9.7	14.0	3.7	3.6	13.6	2.9	2.2	1.8	5.3

表3-24. 土地利用比率の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	11.0	12.4	10.1	13.4	7.2	4.1	3.0	5.2	3.4	1.1	10.1

表3-25. 土地利用比率の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	30.6	12.6	8.3	13.0	2.8	3.5	14.5	2.4	1.4	4.9	5.4

表3-26. 土地利用比率の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	12.2	10.3	8.5	13.7	7.1	3.9	3.8	4.0	2.0	5.2	10.8

表3-27. 平均クランプ規模の実数と期待値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500 μ メッシュ 1個当り)

	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
実数	5.6	3.3	5.4	6.7	5.7	3.3	2.3	7.3	2.8	1.9	6.4
期待値	2.0	1.4	1.2	1.4	1.1	1.1	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1

表3-28. クランプ規模別クランプ数の実数と期待値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500 μ メッシュ 1個当り)

用途	ク ラ ン プ 規 模								計	
	1	2	3	4	5	6	7	8~		
住	実数	8.4	3.1	1.4	1.1	1.0	0.7	0.3	3.1	19.1
	期待値	33.1	9.5	4.9	2.7	1.6	1.0	0.6	1.2~1.4	54.5~54.8
商	実数	11.0	3.5	1.5	1.3	0.8	0.1	0.2	1.4	19.9
	期待値	33.3	7.4	2.8	1.1	0.5	0.2	0.09	.08~.08	45.4~45.4
工	実数	3.3	1.3	0.6	0.5	0.2	0.2	0.06	1.2	7.2
	期待値	26.4	4.0	1.0	0.3	0.07	0.02	0.01	.00~.00	31.7~31.7
公	実数	4.0	1.2	0.5	0.4	0.2	0.3	0.3	1.5	8.3
	期待値	31.7	6.4	2.1	0.7	0.3	0.1	0.04	.03~.03	41.3~41.3
農	実数	1.2	0.6	0.06	0.2	0.2	0.06	0.1	0.2	2.6
	期待値	12.9	0.9	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	.00~.00	13.9~13.9
運	実数	2.1	0.8	0.3	0.2	0.06	0.2	0.2	0.5	4.3
	期待値	12.4	0.8	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	.00~.00	13.3~13.3
道	実数	15.6	3.5	1.5	0.6	0.6	0.5	0.2	1.2	23.7
	期待値	31.3	6.1	2.0	0.7	0.2	0.09	0.03	.02~.02	40.4~40.4
鉄	実数	0.7	0.3	0.1	0.06	0.06	0.00	0.00	0.3	1.6
	期待値	10.3	0.5	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	10.8~10.8
河	実数	2.0	0.6	0.06	0.2	0.00	0.00	0.00	0.2	3.1
	期待値	8.0	0.3	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	8.3~ 8.3
未	実数	2.4	0.7	0.2	0.2	0.2	0.06	0.1	0.00	3.8
	期待値	6.6	0.2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	6.8~ 6.8
山	実数	1.6	0.8	0.2	0.2	0.1	0.2	0.06	0.3	3.3
	期待値	17.1	1.5	0.2	0.03	0.00	0.00	0.00	.00~.00	18.9~18.9

表3-29. 平均クランプ規模の実数と期待値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500■メッシュ1個当り)

	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
実数	7.0	3.0	5.0	7.3	5.1	2.6	2.5	7.4	2.3	3.2	8.3
期待値	2.2	1.3	1.2	1.3	1.0	1.1	1.4	1.0	1.1	1.1	1.1

表3-30. クランプ規模別クランプ数の実数と期待値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500■メッシュ1個当り)

用途	クランプ規模								計	
	1	2	3	4	5	6	7	8~		
住	実数	8.1	2.3	1.6	0.7	0.7	0.4	0.3	3.5	17.6
	期待値	31.0	9.2	5.2	3.0	1.9	1.2	0.8	2.1~2.8	54.4~55.2
商	実数	9.9	2.7	2.1	0.6	0.3	0.4	0.06	1.0	17.0
	期待値	30.2	5.6	1.7	0.5	0.2	0.06	0.02	.01~.01	38.3~38.3
工	実数	2.9	1.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.06	1.0	6.6
	期待値	23.9	3.2	0.7	0.2	0.04	0.01	0.00	.00~.00	28.0~28.0
公	実数	3.8	0.7	0.4	0.2	0.3	0.2	0.00	1.4	7.1
	期待値	30.7	5.8	1.8	0.6	0.2	0.07	0.03	.02~.02	39.2~39.2
農	実数	1.4	0.2	0.1	0.1	0.06	0.06	0.00	0.2	2.2
	期待値	10.1	0.5	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	10.7~10.7
運	実数	3.3	0.8	0.4	0.1	0.3	0.00	0.3	0.3	5.4
	期待値	12.3	0.8	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	.00~.00	13.2~13.2
道	実数	14.6	3.6	1.8	0.9	0.6	0.3	0.3	1.4	23.6
	期待値	32.1	6.6	2.2	0.8	0.3	0.1	0.05	.04~.04	42.3~42.3
鉄	実数	0.6	0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4	1.3
	期待値	8.9	0.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	9.3~9.3
河	実数	1.6	0.4	0.06	0.00	0.06	0.1	0.00	0.2	2.4
	期待値	5.2	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	5.3~5.3
未	実数	4.0	0.7	0.6	0.3	0.00	0.06	0.00	0.6	6.2
	期待値	16.1	1.4	0.2	0.03	0.01	0.00	0.00	.00~.00	17.7~17.7
山	実数	1.4	0.6	0.1	0.06	0.00	0.06	0.00	0.4	2.6
	期待値	17.5	1.6	0.2	0.03	0.01	0.00	0.00	.00~.00	19.3~19.3

表3-31. 同種用途間JOIN数の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	109.8	55.4	45.8	73.2	18.2	12.8	31.0	13.8	6.8	3.5	25.4

表3-32. 同種用途間JOIN数の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	59.0	59.8	59.1	87.4	42.5	18.6	16.8	29.8	14.0	3.6	55.5

表3-33. 同種用途間JOIN数の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	132.8	40.3	36.9	69.3	13.3	10.6	35.1	11.8	3.3	17.4	29.2

表3-34. 同種用途間JOIN数の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	62.8	47.4	44.8	90.4	39.8	17.8	15.5	21.6	6.7	26.4	63.9

表 3 - 35 . 同種用途間JOINのクラス値の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500 μ メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	5.0	4.3	6.3	8.7	8.8	7.1	3.3	8.5	4.8	5.7	5.6

表 3 - 36 . 同種用途間JOINのクラス値の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500 μ メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	1.9	2.1	3.7	3.3	3.5	4.7	2.4	4.6	3.6	4.0	4.4

表 3 - 37 . 同種用途間JOINのクラス値の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500 μ メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	4.9	4.7	5.9	8.3	7.0	5.4	3.6	9.3	4.3	5.6	5.1

表 3 - 38 . 同種用途間JOINのクラス値の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500 μ メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	2.3	2.9	3.8	3.8	4.6	4.3	2.4	5.3	3.9	4.5	4.5

値の平均値、表3-36、38に同標準偏差を示す。

当然のことながら、市域全体の場合と比較すれば、兩年度に共通する全般的な傾向からしてまず違っており、i)比率の上位は都市的4用途(住、商、工、公)と道路によって占められている(表3-23、25)、ii)平均クランプ規模の実数は、期待値より集塊側の値を示すという点では全市域の場合と同じであるが、用途間の差は全市域のそれよりずいぶん小さくなっている(表3-27、29)、iii)総クランプ数を見て、すべての用途からランダム状態より集塊側に出る傾向は全市域と共通である(表3-28、30の計の欄)、iv)規模別に各用途のクランプ数を見ると、比率の大きい用途にやはり大規模クランプが多いことがわかり、又、河川、未利用地、山林・原野以外は、全市域に比べ、大規模クランプの存在割合は概して高い(表3-28、30)、v)同種用途間JOIN数の順位は全市域の場合よりいく分ずれがある(表3-31、33)、vi)JOINのクラス値は公共用地、農業用地、鉄道で大きい、後二者については、前述の全市域の場合の用途比率の小さい用途のように「相対的集塊性」の表現と言えるが、公共用地の場合には比率、JOIN数も少なからず、一定の「絶対的集塊性」も持っていると言える(表3-35、37)、といったことが挙げられる。すべての用途、ランダム状態より集塊側にあるということは全市域と全く共通しているが、都市的用途特に住居、商業、

公共の「集塊規模」と「絶対的集塊性」の大きさが昭和35年DIDの特徴であると言える。

2年度間の変化はどうだろうか。表3-29で、用途毎の包括的なランダム状態からの隔たりの傾向の推移が知られる。市全域の場合と対応させて見ると、i)ランダム状態からの隔たりについては、農業用地、運輸・供給施設用地、山林・原野で有為性のレベルは低下し、全市域（有為性のレベルが下がるものはない）と対照的である、ii)住、商、工*の3用途は同じ自由度で、或いは自由度を低下させながら χ^2 値は増加しており、ランダムから隔たる傾向をよりは、きりさせている（これは全市域よりは用途が限定された形になっている）、iii)鉄道、河川といった線的用途の有為性レベルが低いことは全

表3-39. クランプ規模別セル数に関する χ^2 検定結果

用途	χ^2 値 / 自由度 / 判定	
	高崎市S35DID	高崎市S35DID
	昭和45年	昭和54年
住	41.1 / 7 / ***	51.0 / 7 / ***
商	23.1 / 7 / ***	29.4 / 7 / ***
工	37.5 / 7 / ***	79.8 / 6 / ***
公	51.2 / 7 / ***	38.8 / 7 / ***
農	25.3 / 4 / ***	8.1 / 3 / *
運	24.8 / 4 / ***	14.5 / 4 / **
道	32.5 / 7 / ***	25.2 / 7 / ***
鉄	9.4 / 3 / *	8.0 / 3 / *
河	5.3 / 3 /	4.3 / 2 /
未	16.0 / 3 / ***	22.0 / 5 / ***
山	18.6 / 4 / ***	16.4 / 5 / **

但、判定欄は *** : 0.5% 有為である
 ** : 0.5% 有為でないが、1%有為である
 * : 1% 有為でないが、5%有為である
 空欄 : 5% 有為でない

*) 工業用地の χ^2 値の増加は、規模6のクランプの期待値の微妙な変化に大きく左右されており、注意を要する。以下のJOIN数、JOINのクラス値とからめた解釈の方が大局的には妥当である。

市域と共通している、ということが言える。概して、都市的用途がランダムな状態から隔たっていく傾向が増加又は維持されている点では全市域の場合と共通であるが、非都市的用途のランダム状態への接近は昭和35年DIDに特徴的なこととなっている。全市域の場合と同様、表3-40に2時点間での4指標の動きを示す。表3-22とは、多少様相が違っていることに気付くであろう。まず、4指標とも（昭和54年の値-昭和45年の値）の差の検定で有意になるという用途は一つもなく、全市域に比べ平均として集塊状態の推移はゆるやかであると

言える。^{*} その

前提を置いた上で、昭和35年DID内における特徴を述べれば、

① 土地利用比率（いわば存在確率）、平均クラスタ規模（いわば塊の大きさ）、JOINの実数

表3-40. 同種用途の集塊状態を示す指標の変化パターンと用途の関係（高崎市昭和35年DID内 昭和45年→54年）

	変化パターン				あてはまる用途
	土地利用比率	平均クラスタ規模	JOINの実数	JOINのクラス値	
①	↗	↗	↗	↗	道
②	↗	↗	↗	↘	住、未、山
③	↗	↘	↗	↗	
④	↗	↘	↗	↘	
⑤	↘	↗	↘	↗	鉄
⑥	↘	↗	↘	↘	公
⑦	↘	↘	↘	↗	商
⑧	↘	↘	↘	↘	運、工、農、河

*) 加えて、メッシュ数が少ないため、統計的傾向が出にくいという点も影響している。

(絶対的集塊度)、JOINのクラス値(相対的集塊度)ともに増加するものは道路のみである、ii)相対的集塊度のみが下がる表の②のパターンには住居用地、未利用地、山林・原野が属するが、前者についてはクラス値はほぼ横這い、山林・原野については比率がほぼ横這い(河川敷の形状の違いによる誤差のみだけ見かけ上増えている)で、全市域における住居用地ほど明確な傾向ではない、この他、③の鉄道、④の運輸・供給施設用地も、夫々、平均クラスが規模、土地利用比率はほぼ横這いに近い、iii)そんな中で、この時点の有為差はないものの4指標の増減の傾向が多少なりとも明解である用途として、商業用地、工業用地、農業用地、河川がある、後三者については、比率も集塊規模も集塊度も減少の⑤型となっており、昭和35年DIDから消えていく用途の一般的なタイプと考へられるが、商業用地はやや趣を異にしている様で「存在確率も集塊規模も小さくなるが、残ったセル同士は塊まる」①のパターンに属している、ということになる。

特に上記iii)の商業用地の動向は、減少しているものの昭和35年DID内ではある程度の比率を保持しているが故に、全市域と比較してこの地域を特徴づけていることである。昭和35年DID内の18個の500mメッシュについて、両年度の商業用途同士のJOINの実数を図3-20に、同JOINのクラス値を図3-21に示す。図3-20

24		17		<u>9</u>		<u>3</u>	
25	123	72	54	38	<u>53</u>	<u>30</u>	<u>6</u>
	115	202	38		<u>98</u>	<u>131</u>	43
	14	190	32		18	<u>178</u>	51
	16	39	11		<u>4</u>	<u>28</u>	12
	4	8	14		12	<u>1</u>	<u>11</u>

昭和45年

昭和54年

(下線は45年に比べて減少のもの)

図3-20. 高崎市・昭和35年D I D内に属する

500 ■ メッシュ毎の商-商JOINの実数

3.1		3.2		1.8		2.0	
2.2	2.7	3.2	7.9	<u>8.3</u>	<u>2.9</u>	<u>3.8</u>	3.9
	7.5	3.3	8.6		6.5	<u>4.4</u>	<u>10.5</u>
	6.8	2.1	6.6		<u>8.0</u>	<u>3.0</u>	<u>7.3</u>
	4.5	1.9	4.4		4.2	0.9	4.2
	3.3	4.3	2.6		<u>9.6</u>	0.7	1.8

昭和45年

昭和54年

(下線は45年に比べて増加のもの)

(枠はその中でJOIN数が減少のもの)

図3-21. 高崎市・昭和35年D I D内に属する

500 ■ メッシュ毎の商-商JOINのクラス値

の昭和54年の図でJOINの実数が減っているものに下線を施したが、これは18メッシュ中12メッシュにわたり、この地域において支配的傾向を示している。一方、図3-21の昭和54年の図では、JOINのクラス値が増加しているものに下線を施した。これは18メッシュ中9メッシュで昭和35年DID全域にあたり、ているというわけではない。両方の図とも下線を施されているメッシュは図3-21のワクを施した部分で4メッシュになる。しかしながらこれらは、商業用地の比率自体は大きいメッシュばかりで、昭和35年DIDの商業用地の傾向を支配しているサブエリアと言える。

3-2-3. 高崎市・昭和35年DID内^{*}(昭和54年時点)と東京区部(昭和56年時点)の土地利用の集塊性の比較

集塊性の分析の最後として、地方中心都市の既成市街地と位置付けられる高崎市・昭和35年DID内、昭和54年の土地利用の集塊性と、ほぼ時を同じくする大都市のヒルトアップエリアである東京都区部・昭和56年のそれとを比較してみよう(500mメッシュ数は前者が18、後者が2323でかなりの違いがあることは注意しておく必要がある)。東京都区部における諸指標の値を表3-41から表3-48まで(次頁以下)に示す。

すでに掲げた高崎市・昭和35年DID内、昭和54年のものと比べ

* 前章の分析より、マクロパターンとして、高崎市全域と東京区部とではあまりにも状況が違いすぎることに及び、高崎市の昭和35年DID内と東京区部とでは相似的な関係がみられることがわかってきているので、本章では後者の比較を行なうことにする。

れば、i) 土地利用比率の上では、両者でかなり似た値を示す用途（住、公、農、運、道、鉄）と、差のある用途（高、工、河、未、山）に二分される（表3-41、表3-25）、ii) 平均クランプ規模では、期待値よりすべて集塊側にある点では高崎市の場合と全く同じであるが、実数の大きさは、河川が極端に大きくなり、工業用地、農業用地、山林・原野は小さくなるという違いがみられる（表3-28、表3-29）、iii) 総クランプ数も期待値に比しすべて集塊側に出て、高崎市と傾向を同じくしている、規模別分布では比率に差のある用途（上記）に加え、農業用地（高崎市、昭和35年DLD内に比し、全規模にてクランプ数が多い）及び道路（こちらは小規模クランプの割合が高い）で差がみられる（表3-44、表3-30）、iv) 同種用

表3-41. 土地利用比率の平均値（東京区部 昭和56年 500mメッシュ）

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	32.2	7.8	5.2	12.2	2.9	3.5	16.2	2.5	6.8	8.9	0.7

表3-42. 土地利用比率の標準偏差（東京区部 昭和56年 500mメッシュ）

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	19.7	7.9	7.7	13.0	6.3	6.8	7.0	8.9	16.9	10.6	2.5

表3-43. 平均クランプ規模の実数と期待値
(東京区部 昭和56年 500m メッシュ1個当り)

	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
実数	7.6	2.1	2.5	7.9	3.4	3.0	2.3	7.1	19.4	2.6	2.8
期待値	2.4	1.2	1.1	1.3	1.0	1.1	1.4	1.0	1.1	1.2	1.0

表3-44. クランプ規模別クランプ数の実数と期待値
(東京区部 昭和56年 500m メッシュ1個当り)

用途	クランプ規模								計	
	1	2	3	4	5	6	7	8~		
住	実数	7.8	2.5	1.3	0.9	0.6	0.5	0.3	2.9	16.9
	期待値	29.8	9.0	5.1	3.1	2.0	1.3	0.9	2.6~3.6	53.9~54.9
商	実数	9.6	2.2	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1	0.5	14.6
	期待値	23.0	2.9	0.6	0.1	0.03	0.01	0.00	.00~.00	26.7~26.7
工	実数	5.6	1.2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.07	0.4	8.2
	期待値	17.1	1.5	0.2	0.03	0.00	0.00	0.00	.00~.00	18.9~18.9
公	実数	2.6	0.9	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	1.4	6.2
	期待値	29.8	5.4	1.6	0.5	0.2	0.06	0.02	.01~.01	37.6~37.6
農	実数	1.6	0.6	0.3	0.2	0.1	0.09	0.06	0.3	3.4
	期待値	10.5	0.6	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	11.1~11.1
運	実数	3.2	0.7	0.2	0.1	0.08	0.05	0.04	0.3	4.6
	期待値	12.4	0.8	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	.00~.00	13.2~13.2
道	実数	19.2	4.6	1.9	1.0	0.5	0.4	0.2	1.0	28.7
	期待値	33.2	7.4	2.7	1.1	0.4	0.2	0.08	.07~.08	45.2~45.2
鉄	実数	0.7	0.3	0.1	0.07	0.03	0.03	0.01	0.2	1.4
	期待値	9.2	0.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	9.6~9.6
河	実数	0.7	0.2	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	0.3	1.4
	期待値	20.8	2.4	0.4	0.08	0.02	0.00	0.00	.00~.00	23.7~23.7
未	実数	9.0	2.1	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.5	13.6
	期待値	25.1	3.6	0.8	0.2	0.05	0.01	0.00	.00~.00	29.8~29.8
山	実数	0.5	0.2	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01	0.06	1.0
	期待値	2.8	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.00~.00	2.8~2.8

表 3-45. 同種用途間 JOIN 数の平均値 (東京区部 昭和56年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	147.7	19.5	17.0	64.8	10.2	13.8	39.2	13.5	44.3	30.9	2.3

表 3-46. 同種用途間 JOIN 数の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	112.6	33.2	41.3	90.0	26.3	44.4	31.2	64.1	123.3	72.4	12.3

表 3-47. 同種用途間 JOIN のクラス値の平均値 (東京区部 昭和56年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	3.6	3.4	3.6	9.7	5.6	4.3	2.6	6.9	7.2	4.0	5.3

表 3-48. 同種用途間 JOIN のクラス値の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
	2.3	2.6	3.7	3.1	3.4	4.4	2.4	4.6	5.1	3.2	4.3

途間JOIN数の平均値は、河川、鉄道、道路を除けば、比率と同順位になり、又、高崎との違いも比率に差のある用途がやはり大きい傾向にある(表3-45、3-33)、v)JOINのクラス値は、公共用地、河川、山林・原野が高崎のそれより大きく、あとは軒並み小さくなり相対的集塊度は落ちてきている(表3-47、3-37)といった傾向が見てとれる。

前2節にならう、クランプ規模別セル数から見た、ランダム性からの隔在りの状況の比較を表3-49に示す。都市的4用途、鉄道及び未利用地の有為性レベルは両地域で共通(鉄道以外はランダム性からは、きりずれる)しているが、道路、河川、山林・原野では多少の違いがみられることになる。表3-50に4指標(次頁)の大小関係(表3-22、3-40にならうって「変化」の形で

表3-49. クランプ規模別セル数に関する χ^2 検定結果

用途	χ^2 値/自由度/判定	
	高崎市S35DID	東京区部
	昭和54年	昭和56年
住	51.0/ 7/***	51.0/ 7/***
商	29.4/ 7/***	49.2/ 6/***
工	79.8/ 6/***	18.2/ 4/***
公	38.8/ 7/***	39.1/ 7/***
農	8.1/ 3/*	12.6/ 3/**
運	14.5/ 4/**	10.8/ 4/*
道	25.2/ 7/***	11.4/ 7/
鉄	8.0/ 3/*	8.4/ 3/*
河	4.3/ 2/	24.4/ 5/***
未	22.0/ 5/***	41.3/ 6/***
山	16.4/ 5/**	3.2/ 2/

但、判定欄は *** : 0.5% 有為である
 ** : 0.5% 有為でないが、1%有為である
 * : 1% 有為でないが、5%有為である
 空欄 : 5% 有為でない

3-3. 異種用途間の隣接性の分析

ケーススタディの二番目として、異種用途間の隣接性について見てみよう。異種用途間JOINの実数とクラス値を指標として用い、比較する対象は前節と同じく、高崎市全域の二時点、高崎市昭和35年DIDの二時点、及び高崎市昭和35年DID内・昭和54年と東京西部・昭和56年の3種類である。

3-3-1. 高崎市全域における土地利用用途間の隣接性とその変化

高崎市全域における、用途間のJOIN数の平均値を表3-51(昭和45年)、53(昭和54年)に、同標準偏差を表3-52、54に、JOINのクラス値の平均値を表3-55、57に、同標準偏差を表3-56、58に示す。両年度を通じて、i) 異種用途間のJOINは、同種用途間のそれより実数では、概して小さい値となる、ii) 比率の大きい、農業、山林、原野、住居相互間のJOINの実数は、住居-山林・原野以外は他の組み合わせより際立って大きい、iii) 道路は比率が小さい割には、他のあらゆる用途とのJOINの実数を確保している傾向にある、iv) 従って、クラス値では、異種用途間JOINの場合、軒並み-の値となる中で、道路と住居、商業、河川、未利用地は両年度通じて+を示す、v) その他にJOINのクラス値が両年

表3-51. 用途間JOIN数の平均値(高崎市 昭和45年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	54.0										
商	7.3	8.1									
工	3.5	1.1	23.3								
公	4.4	1.3	0.6	16.1							
農	47.2	2.4	3.9	4.1	296.1						
運	0.7	0.3	0.3	0.1	0.5	2.6					
道	21.0	5.5	3.1	3.1	34.2	0.7	9.8				
鉄	0.4	0.1	0.4	0.0	1.9	0.6	0.3	3.3			
河	2.4	0.3	0.5	0.4	11.8	0.0	2.0	0.1	5.3		
未	3.7	0.5	0.6	0.3	4.3	0.2	2.8	0.2	0.2	7.9	
山	7.1	0.9	1.3	1.9	30.7	0.3	7.0	0.4	9.5	1.8	89.3

表3-52. 用途間JOIN数の標準偏差(高崎市 昭和45年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	52.1										
商	17.2	24.8									
工	8.0	3.4	75.4								
公	7.7	4.6	2.3	38.5							
農	37.5	4.4	7.2	5.3	188.4						
運	2.0	1.5	1.8	0.6	1.6	11.6					
道	21.2	15.3	7.9	6.4	22.3	2.4	10.4				
鉄	1.8	1.2	2.1	0.4	6.0	4.7	1.5	19.9			
河	3.6	0.9	2.4	1.6	11.8	0.3	2.3	0.7	13.0		
未	5.5	1.5	2.1	1.1	6.1	1.3	6.0	1.1	0.7	29.8	
山	8.7	3.9	5.4	4.9	31.2	1.4	10.3	2.1	20.0	5.0	171.5

表3-53. 用途間JOIN数の平均値(高崎市 昭和54年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	73.9										
商	9.2	9.7									
工	5.8	2.1	19.9								
公	6.0	1.0	0.7	24.5							
農	51.9	4.1	4.1	4.3	210.6						
運	1.8	1.1	0.7	0.3	1.3	4.8					
道	32.9	7.2	4.1	4.5	37.0	1.8	19.2				
鉄	0.6	0.1	0.5	0.0	1.3	0.7	0.4	3.3			
河	3.2	0.3	0.6	0.7	8.6	0.1	2.8	0.1	5.6		
未	5.0	1.2	1.1	0.6	7.0	0.6	4.4	0.4	0.9	9.6	
山	7.6	1.1	1.4	2.6	24.4	0.5	8.2	0.3	8.3	2.7	87.2

表3-54. 用途間JOIN数の標準偏差(高崎市 昭和54年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	64.9										
商	16.5	23.8									
工	8.7	5.4	57.5								
公	9.0	2.8	2.8	59.0							
農	38.6	5.5	5.9	4.9	162.5						
運	3.9	5.0	1.9	1.3	2.6	14.5					
道	29.8	13.3	7.9	8.1	26.4	6.7	24.6				
鉄	2.4	0.9	2.4	0.5	4.0	4.5	1.5	18.8			
河	4.4	0.8	2.1	2.2	10.6	0.6	3.8	0.7	12.9		
未	7.3	2.9	2.9	1.7	8.9	2.1	7.1	1.8	2.3	25.9	
山	9.1	4.9	4.2	6.4	26.1	2.0	11.2	2.0	18.2	6.9	170.5

表3-55. 用途間JOINのクラス値の平均値 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	6.5										
商	0.6	4.0									
工	-0.6	-0.1	7.8								
公	-0.8	-0.4	-0.7	7.8							
農	-2.9	-1.4	-2.2	-1.6	4.8						
運	-0.5	-0.1	-0.3	-0.4	-1.3	6.7					
道	1.3	0.9	-0.1	-0.1	-0.8	0.1	2.3				
鉄	-1.3	-0.6	-0.8	-0.7	-1.0	1.2	-0.9	5.3			
河	-0.6	-0.2	-0.4	-0.4	-0.7	-0.3	0.1	-0.4	2.4		
未	0.5	0.1	-0.3	-0.4	-1.3	-0.0	0.6	0.1	-0.2	5.4	
山	-1.0	-0.6	-0.7	-0.6	-2.2	-0.4	-0.4	0.0	1.3	-0.4	5.1

表3-56. 用途間JOINのクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	2.7										
商	1.7	4.5									
工	2.1	1.6	5.3								
公	1.9	1.5	1.5	5.7							
農	2.5	1.7	2.5	1.8	2.8						
運	1.4	1.3	1.6	1.3	1.5	6.2					
道	1.8	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	2.1				
鉄	1.6	1.5	2.0	1.0	2.5	2.2	0.9	5.2			
河	1.3	1.1	1.1	1.2	1.7	1.0	1.2	0.9	3.5		
未	1.8	1.4	1.6	0.9	2.1	1.5	1.6	1.4	1.1	4.8	
山	2.2	1.2	1.5	1.7	2.8	1.2	1.3	1.4	2.3	1.5	3.2

表3-57. 用途間JOINのクラス値の平均値 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	5.9										
商	-0.0	4.8									
工	-0.3	0.1	6.3								
公	-1.1	-0.6	-0.7	8.6							
農	-2.6	-1.4	-1.6	-1.7	5.3						
運	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	-1.2	6.0					
道	0.8	0.8	-0.1	-0.3	-1.2	-0.0	2.7				
鉄	-1.4	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	0.7	-0.9	5.8			
河	-0.6	-0.4	-0.2	-0.4	-0.7	-0.2	0.0	-0.2	3.0		
未	-0.4	-0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.1	0.1	0.2	0.2	5.0	
山	-1.4	-0.6	-0.6	-0.8	-1.7	-0.4	-0.6	-0.0	0.9	-0.3	5.3

表3-58. 用途間JOINのクラス値の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	2.6										
商	1.5	3.8									
工	1.9	1.5	4.8								
公	2.0	1.2	1.6	5.3							
農	2.5	1.4	2.0	1.8	2.6						
運	1.5	1.6	1.5	1.1	1.4	5.7					
道	1.8	1.4	1.4	1.4	1.8	1.2	2.4				
鉄	1.7	1.2	1.8	0.8	2.3	1.9	1.1	5.4			
河	1.4	0.9	1.3	1.2	1.6	1.2	1.2	1.2	3.5		
未	1.5	1.2	1.3	1.1	1.3	1.3	1.6	2.2	1.8	4.6	
山	2.1	1.1	1.3	2.1	2.6	1.2	1.3	1.4	2.0	1.8	3.2

度とも+となる組み合わせとして、鉄道-運輸・供給施設、鉄道-未利用地、河川-山林・原野の3つがある、とい、その傾向がみえる。前節の集塊度の場合になら、て、JOINの実数から示す傾向を「絶対的隣接度」、クラス値から示す傾向を「相対的隣接度」と呼ぶならば、住居-農業、農業-山林・原野は全市域的に見て絶対的隣接度の大きい組み合わせであり、道路-住居、道路-商業は絶対的かつ相対的に隣接度が高いということができよう。

2年度間の動きはどうだろうか。表3-59にJOINの実数とクラス値の変化パターンで用途ペアを分類した表を示す。やはり前節になら、て①~④のパターン毎にまとめると、

① JOINの実数、クラス値ともに増加傾向にあるもので、隣接するペアの数自体も多くなり、比率で補正した相対的隣接度も上がっているものである。工業の終む10ペアのうち7ペアが属し、また、運輸・供給施設用地と他用途特に住、商、工の3用途のペアが属していることが目も引く。2指標の変化とも5%有為となるペアは、住-工、商-運、農-未、河-まの4つである。

② JOINの実数は増加するが、クラス値は減少するもの。比率（このパターンに属するペアの少なくとも1つは比率が増加している）。比率の増加の割には隣接ペアがそれほど増えず、相対的隣接度が上がらないもの、ということになる。住居（6つ）、公

共(5つ)、道路(8つ)、未利用地(5つ)の絡むペアが多い。
住-公、住-道、住-未、商-未、道-未の5つのペアについて
2指標の変化が5%有為となっている。

③ JOINの実数は減少するがクラス値は上がるもので、どちら
か一方又は双方の用途が減少するが、隣接関係は保たれるもの。

表3-59. 異種用途の隣接状態を示す指標の年度間・都市間での変化パターン
と用途の関係(高崎市昭和45年→54年)

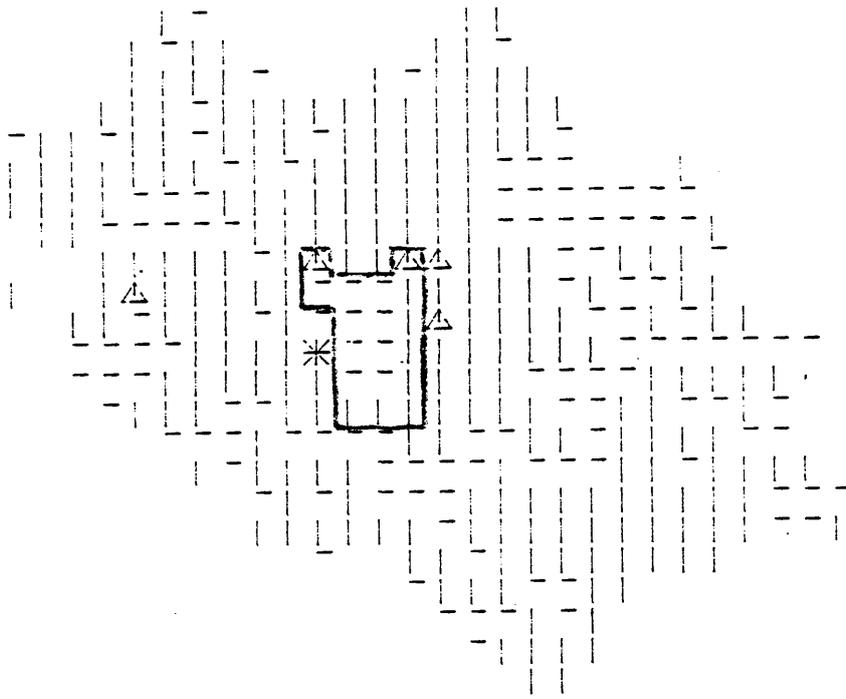
変化パターン		
JOIN の実数	JOINの クラス値	あてはまる用途ペア
① ↗	↗	住-工*、住-農、住-運、商-工、商-運*、工-農、工-運、工-河、工-未、 工-山、農-運、農-未*、運-河、鉄-未、河-未*、未-山
② ↗	↘	住-商、住-公*、住-道*、住-鉄、住-未*、住-山、商-道、商-未*、公-農、 公-道、公-未、公-山、農-道、運-道、運-鉄、運-未、道-河、道-未*、道-山
③ ↘	↗	農-鉄、農-山*
④ ↘	↘	商-公、鉄-山、河-山
↗	→	住-河、商-農、商-山、工-公、工-道、工-鉄、公-運、公-河、運-山、道-鉄
→	↘	商-鉄、商-河
→	→	公-鉄
↘	→	農-河
→	↗	鉄-河

(注) *印は差の検定で2指標とも5%有為となるもの

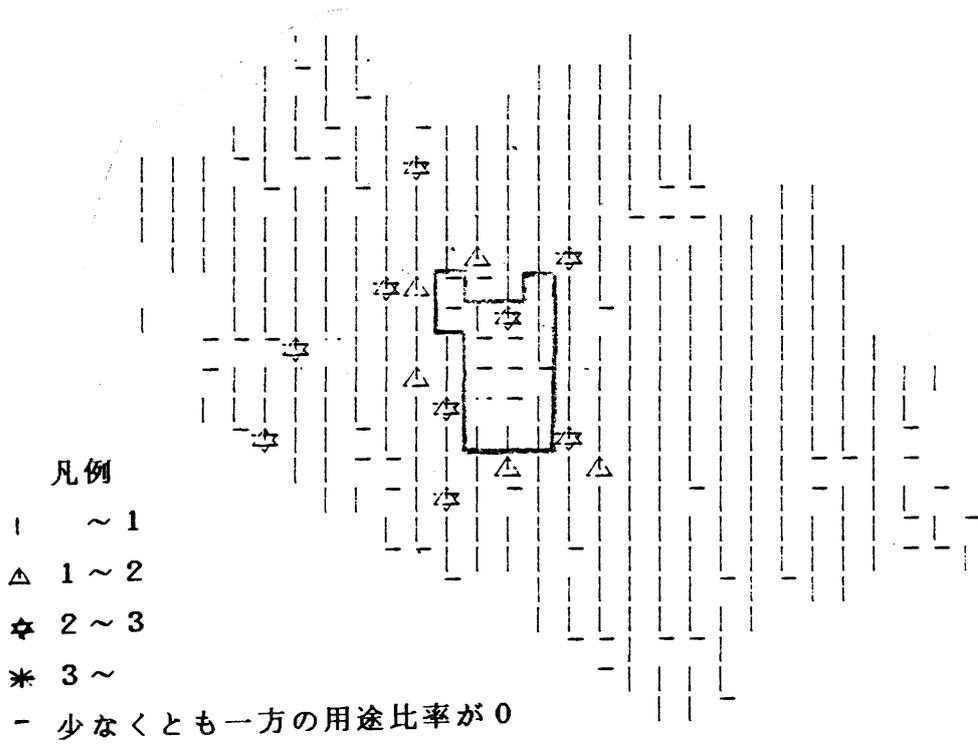
農業用地-鉄道、農業用地-山林・原野の2ペアで、後者が2指標について5%有為となる。

④JOINの実数、クラス値とも減少するもので、隣接度が絶対的にも相対的にも減少するもの。商-公、鉄-山、河-山の3ペアとも2指標共通で5%有為になるわけではない。(商-公は両用途とも全市域では比率は増えているが、後述する昭和35年DID内の傾向に引、張られてこのグループに属している)。

ということになる。まず何と言、ても①、②に属するペアすなわちJOIN数の増えるペアが多いことが目につく。これは市域周辺部(農、山、河の多い部分)に他の様々の用途が入りこんでくるために起こる当然の結果と言える。また、夫々のパターンで5%有意とされた傾向は、市街周辺部での工業用地(①の住-工)、間屋団地(①の商-運)の醸成、市街地予備地の発生(①の農-ま、河-ま)、都市的用途の周辺への散在化(②の住-公、住-道、住-ま、商-ま、道-ま)、山間部内農地の残存(③の農-山)を裏付けている。図3-22には農業用地と土地利用のJOINのクラス値について兩年度の市域での分布を示した。そうどうスティックではないが、市街地周辺部で着実に増加している。



昭和45年（枠内は昭和35年D I D内に属するメッシュ）



昭和54年（枠内は昭和35年D I D内に属するメッシュ）

図3-22. 高崎市全域での農-未JOINのクラス値の分布

3-3-2. 高崎市・昭和35年DID内における土地利用用途間の隣接性とその変化

同様の考察を昭和35年DID内について行なってみよう。表3-60、62に用途間JOIN数の平均値、表3-61、63に同標準偏差、表3-64、66に用途間JOINのクラス値の平均値、表3-65、67に同標準偏差を示す。両年度を通じて見られる傾向を全市域の場合と比較しながら述べる。i) 市域全体と同じように異種用途間JOINは実数では同種用途間JOINより少ない、ii) 比率の大きい、いあける都市的用途(住、商、工、公、道)相互間のJOIN数は確かにある程度以上の数を示している、iii) 道路はJOINの実数では全市域と同様にまんべんなく一定数を保つが、自身の比率が上がっているため、クラス値の方で両年度とも+になるのは商業用地とのペアのみとなる。iv) その他に両年度を通じてJOINのクラス値が+になるのは運輸供給施設-鉄道、河川-山林・原野の2つのみである、ということになる。JOIN数の大きな用途が全市域と比べて入れ替わっている点は比率の違いからして当然であるが、クラス値が+となるペア(特に道路とのペア)が全市域と比べて少ないことが特徴で、比率の割には、異種用途間の隣接度はそう大きくないと言える。

昭和45年から54年への変化を示した表3-68では、両指標の変化

(pp. 176)

表3-60. 用途間JOIN数の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	109.8										
商	60.3	55.4									
工	21.1	9.9	45.8								
公	22.8	16.4	3.1	73.2							
農	8.1	1.2	1.6	0.3	18.2						
運	6.0	4.7	3.6	1.3	0.4	12.8					
道	53.4	38.3	10.4	18.5	4.3	5.6	31.0				
鉄	1.7	0.6	2.9	0.0	0.6	5.7	1.9	13.8			
河	2.5	0.7	1.1	1.2	0.9	0.1	1.8	0.1	6.8		
未	6.6	2.8	1.8	0.8	0.8	1.3	2.8	1.0	0.6	3.5	
山	3.7	0.8	0.9	3.1	2.6	0.3	6.4	0.2	10.6	0.3	25.4

表3-61. 用途間JOIN数の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	59.0										
商	35.1	59.8									
工	14.3	7.1	59.1								
公	15.7	12.6	4.5	87.4							
農	12.2	1.9	3.5	0.7	42.5						
運	3.8	4.6	6.4	1.8	1.4	18.6					
道	23.7	27.8	9.3	15.3	7.2	7.0	16.8				
鉄	2.9	1.6	5.0	0.0	1.6	10.9	3.9	29.8			
河	4.3	1.3	2.1	2.7	2.9	0.2	2.2	0.2	14.0		
未	5.1	2.8	2.2	0.9	1.6	2.0	2.6	2.3	1.0	3.6	
山	4.1	1.6	1.8	7.0	7.8	0.6	10.9	0.7	21.9	0.8	55.5

表3-62. 用途間JOIN数の平均値

(高崎市 昭和35年DIDD内 昭和54年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	132.8										
商	52.3	40.3									
工	20.0	5.9	36.9								
公	24.5	8.4	3.4	69.3							
農	7.0	0.7	0.8	0.2	13.3						
運	8.4	4.3	3.4	1.6	0.4	10.6					
道	66.0	31.3	10.3	16.6	2.1	6.6	35.1				
鉄	0.7	0.3	2.1	0.0	0.5	3.8	1.3	11.8			
河	2.8	0.6	0.4	0.7	0.8	0.1	2.0	0.1	3.3		
未	11.7	4.2	4.3	2.3	0.7	3.6	7.0	3.9	0.4	17.4	
山	2.8	0.3	0.4	1.7	3.4	0.3	6.0	0.1	6.4	1.1	29.2

表3-63. 用途間JOIN数の標準偏差

(高崎市 昭和35年DIDD内 昭和54年 500mメッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	62.8										
商	38.5	47.4									
工	17.3	5.5	44.8								
公	16.3	7.0	7.2	90.4							
農	12.5	2.1	1.9	0.5	39.8						
運	6.8	4.7	4.7	1.9	1.6	17.8					
道	37.3	25.5	9.2	16.6	4.0	6.9	15.5				
鉄	1.5	0.7	4.2	0.0	2.1	6.9	2.1	21.6			
河	4.5	0.8	1.2	1.8	2.4	0.2	2.2	0.5	6.7		
未	11.9	4.3	5.8	2.4	1.3	6.8	6.2	6.3	0.8	26.4	
山	3.3	0.6	1.0	5.8	12.1	0.8	11.4	0.5	15.3	2.8	63.9

表3-64. 用途間JOINのクラス値の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500■メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	5.0										
商	0.0	4.3									
工	-1.3	-1.0	6.3								
公	-2.5	-1.4	-1.6	8.7							
農	-1.3	-1.0	-1.3	-1.0	8.8						
運	-1.0	-0.6	-0.7	-1.1	-0.8	7.1					
道	0.1	0.7	-1.2	-1.0	-0.7	-0.5	3.3				
鉄	-2.7	-1.9	-2.1	-1.5	-1.1	1.9	-1.7	8.5			
河	-1.5	-0.9	-0.1	-1.4	-1.2	-0.5	-0.6	-0.4	4.8		
未	-0.0	-0.4	-0.6	-0.7	-0.2	0.3	-0.4	-0.1	0.8	5.7	
山	-1.8	-1.3	-0.8	-1.7	-0.5	-0.6	-0.3	-0.4	2.1	-0.3	5.6

表3-65. 用途間JOINのクラス値の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500■メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	1.9										
商	1.4	2.1									
工	2.5	1.8	3.7								
公	1.9	2.6	1.2	3.3							
農	2.1	1.7	1.2	1.1	3.5						
運	1.3	1.2	1.7	1.0	0.7	4.7					
道	1.9	1.5	1.5	1.5	1.0	0.9	2.4				
鉄	1.3	1.7	1.5	1.0	0.7	1.7	1.9	4.6			
河	1.7	1.0	0.8	1.2	1.6	0.3	1.4	0.5	3.6		
未	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	1.6	0.9	1.7	1.9	4.0	
山	2.6	1.4	0.5	1.8	1.7	0.7	1.3	1.2	2.1	1.5	4.4

表3-66. 用途間JOINのクラス値の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	4.9										
商	-0.1	4.7									
工	-1.6	-0.9	5.9								
公	-2.3	-1.7	-1.3	8.3							
農	-0.6	-1.0	-1.2	-0.9	7.0						
運	-0.8	-0.3	-0.6	-0.5	-0.5	5.4					
道	-0.2	0.5	-1.0	-1.3	-1.1	-0.4	3.6				
鉄	-2.8	-2.0	-1.7	-1.3	-0.8	0.8	-1.8	9.3			
河	-0.8	-0.5	-0.6	-1.0	0.1	-0.5	-0.1	-0.6	4.3		
未	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.3	-0.4	-0.6	0.2	-0.2	5.6	
山	-2.0	-1.1	-0.6	-1.9	0.7	-0.3	-0.5	-0.4	1.4	-0.3	5.1

表3-67. 用途間JOINのクラス値の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	2.3										
商	1.5	2.9									
工	2.2	1.6	3.8								
公	2.4	2.3	0.9	3.8							
農	1.9	0.8	0.9	0.7	4.6						
運	1.7	1.6	1.1	1.3	1.1	4.3					
道	2.0	1.2	1.6	1.2	0.9	0.7	2.4				
鉄	1.5	1.1	1.7	0.8	0.5	1.3	1.4	5.3			
河	1.6	0.7	0.6	0.9	2.5	0.7	1.2	0.3	3.9		
未	1.6	1.1	1.8	1.0	1.2	0.9	1.6	1.8	0.7	4.5	
山	3.3	1.0	0.8	2.2	3.6	0.8	1.3	0.7	2.2	0.8	4.5

を通じて5%有為となるものはないものの、i) ③、④のJOINの
 実数が減るタイプに属するペアが大半で、異種用途間の隣接性は絶
 対的には減少していること、ii) ①、②の少数派に属するペアは、運
 輸・供給施設又はま利用地の終むものが多いこと、iii) ③に属するペ
 アはほとんどのもので両用途の比率が減っているものであるが、そ
 の中で高-工以外、都市的用途と非都市的用途のペアが多くを占め

表3-68. 異種用途の隣接状態を示す指標の年度間・都市間での変化パターン
 と用途の関係 (高崎市昭和35年D I D内 昭和45年→54年)

変化パターン		
JOIN の実数	JOINの クラス値	あてはまる用途ペア
① ↗	↗	住-公、住-運、住-河、工-公、公-運、農-山、運-道、道-河、鉄-未
② ↗	↘	住-道、住-未、商-未、工-未、公-未 運-未、道-未
③ ↘	↗	住-農、商-工、商-運、商-河、商-山、工-農、工-運、工-道、工-鉄、工-山、 公-農、公-河、農-鉄、農-河
④ ↘	↘	住-商、住-工、住-鉄、住-山、商-公、商-道、商-鉄、工-河、公-道、公-山、 農-道、農-未、運-鉄、道-鉄、道-山、河-未、河-山
↗	→	未-山
→	↘	鉄-河
→	→	運-河
↘	→	商-農、鉄-山
→	↗	公-鉄、農-運、運-山

ていること、iv)④に属するペアは極めて多様であるが、JOIN数の大きいものとして住-商、住-工、商-公などが目につくこと、といふ傾向が見てとれる。全市域と比較すれば、ゆるやかな推移ということになるが、ii)の傾向からは新幹線建設予定地の影響が、iii)の傾向からは、非都市的用途の点在化の様相が裏付けられている。一方、iv)については、最もJOIN数の多い住-商のペアについて、500mメッシュ毎のJOIN数の値も図3-23に、クラス値の値も図3-24に示したが、昭和35年DID全域の傾向（JOINの実数、クラス値ともに減る）に従うメッシュは5つで、商業用地の比率も少なく、DID全体を特徴づけているいわゆるサブエリアというものはい出しにくい。むしろ500mメッシュレベルで見ると、増減の傾向が多様に分かれていると言つてよい。たとえば、前節の図3-21に示した商業用地同士のJOINの傾向（JOIN数が減り、クラス値が増える）を引、張、ている4メッシュも図3-25に示したように、(i)住-商のJOIN数、クラス値ともに増える、(ii)住-商のJOIN数、クラス値ともに減る、(iii)住-商のJOIN数は増えるがクラス値は減る、に3分される。(i)はいわば「それまで、商業核がくすね住居用地が細かく侵入していく地域」、(ii)は住居用地と混在しながら存在していた商業用地が抜けていく形、(iii)は住居用地の増加を伴いながら、集塊した商業用地が残されていく状況、を

66		55		<u>50</u>		<u>24</u>
75	133	96	59	<u>53</u>	137	<u>58</u> <u>22</u>
	60	102	30		75	124 <u>21</u>
	18	111	30		21	116 32
	32	107	25		<u>19</u>	<u>89</u> 32
	19	28	39		<u>17</u>	<u>19</u> <u>33</u>

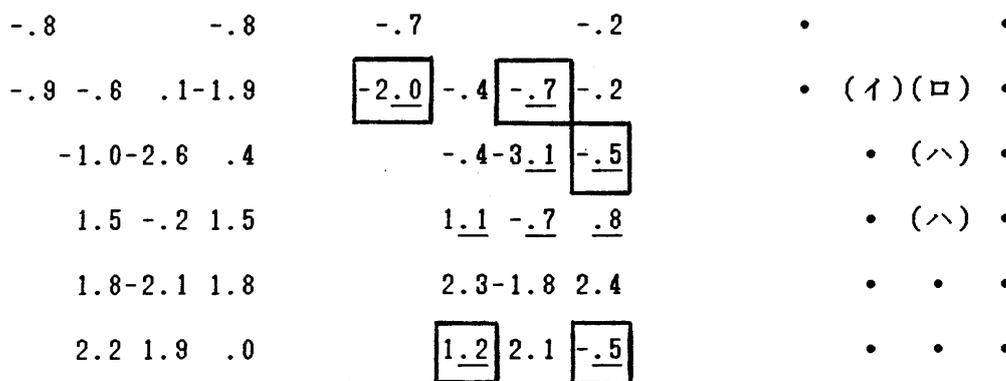
昭和45年

昭和54年

(下線は45年に比べて減少のもの)

図3-23. 高崎市・昭和35年D I D内に属する

500 m メッシュ毎の住-商JOINの実数



昭和45年

昭和54年

(下線は45年に比べて

減少のもの)

(枠はその中でJOIN数

も減少のもの)

図3-24. 高崎市・昭和35年D I D内に属する

500 m メッシュ毎の住-商JOINのクラス値

図3-25. 昭和35年DID

内の商-商JOINの動

向を支配している4

メッシュの住-商JO-

INの動向による分類

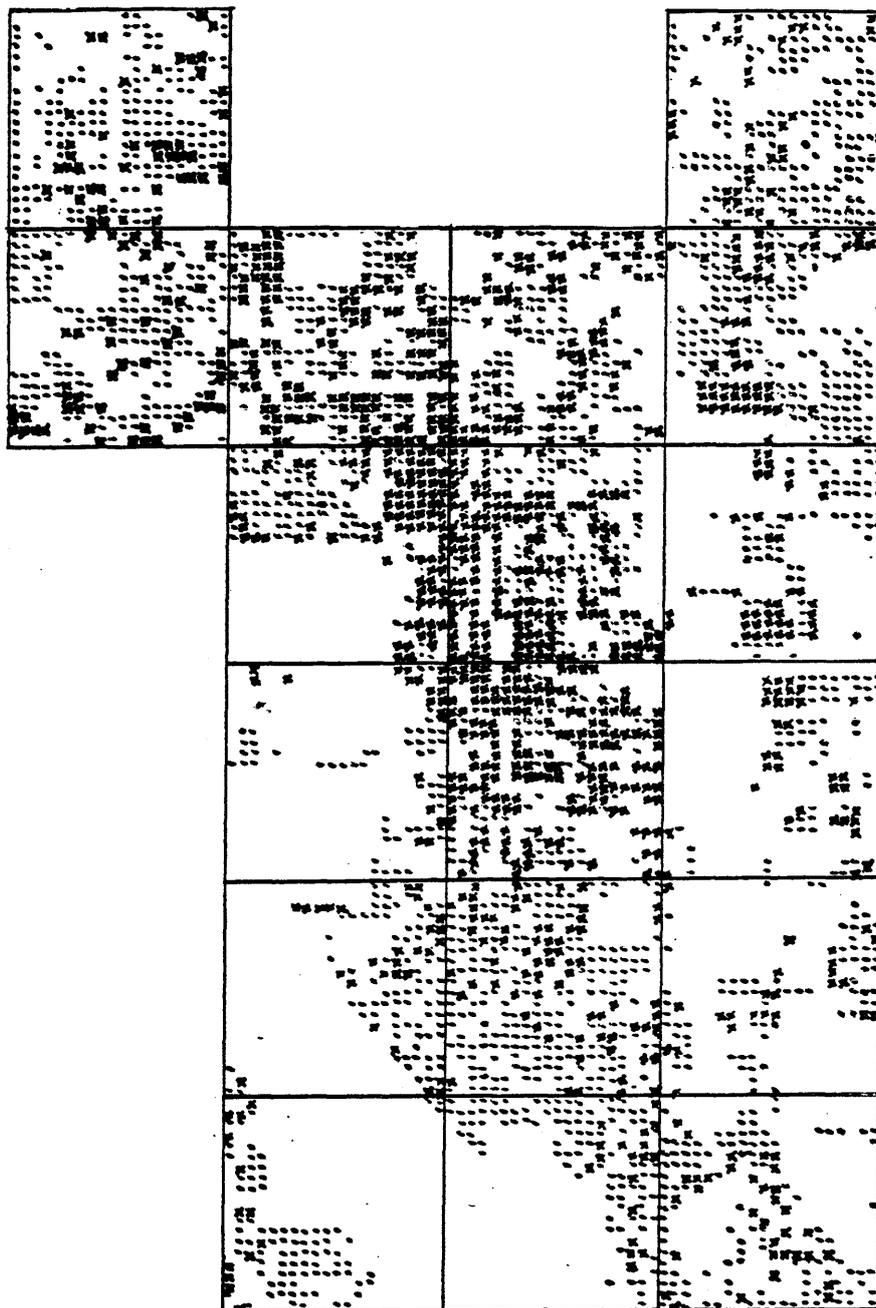


図3-26. ポイントサンプリングデータから抽出した住居用地(•)と商業用地(×)
(高崎市・昭和35年D I D内 昭和45年)

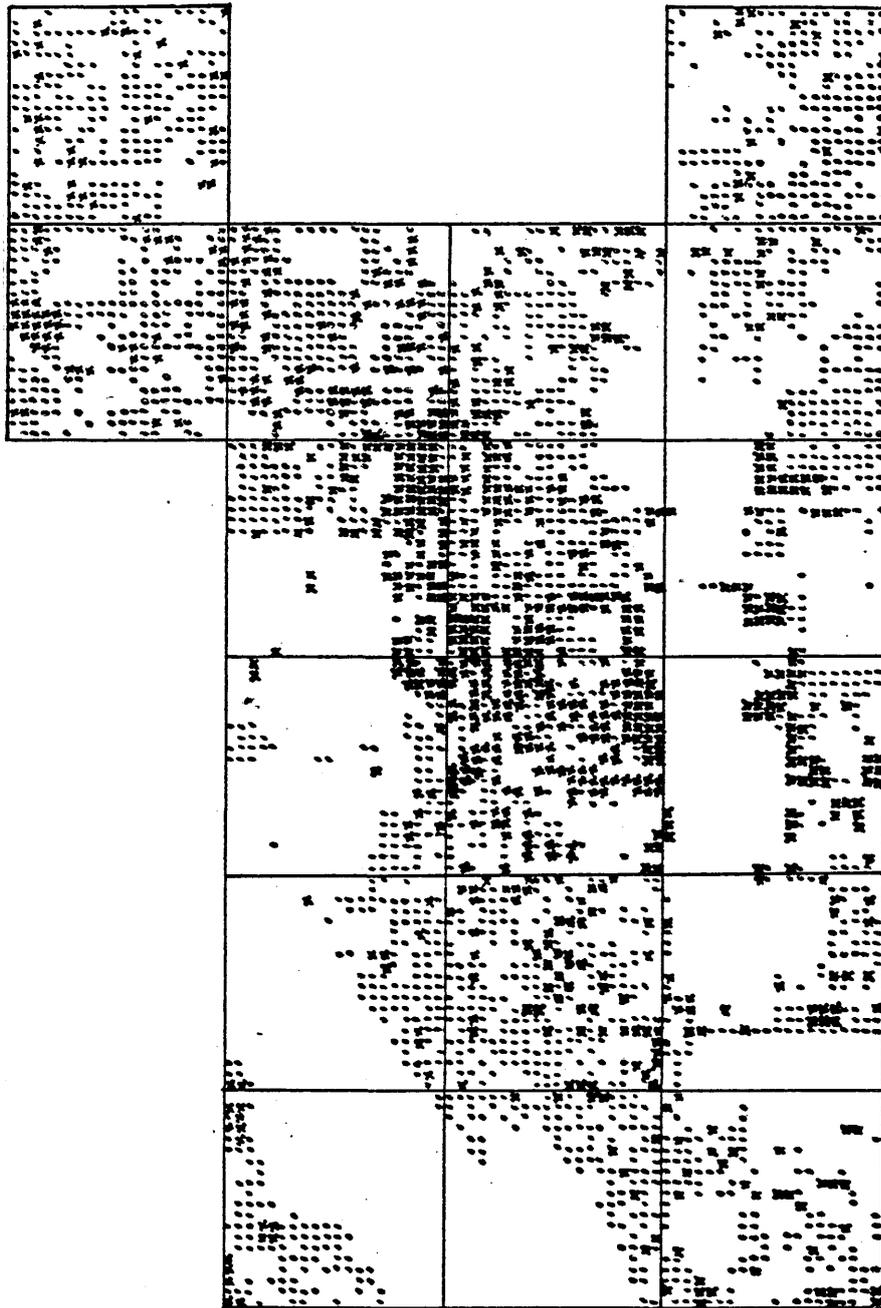


図3-27. ポイントサンプリングデータから抽出した住居用地(•)と商業用地(×)
(高崎市・昭和35年D I D内 昭和54年)

夫々反映していると言える。図3-26(前々頁)、図3-27(前頁)に示しておいたのは、昭和35年DID内に含まれる500mメッシュについて、住居用地と商業用地の25mサンプリングポイント(セル)の分布を年度別に抽出したものである。パターンから受ける感じは、以上の分析により裏付けられていると言ってよいであろう。

3-3-3. 高崎市・昭和35年DID内(昭和54年時点)と東京区部(昭和56年時点)の土地利用用途間の隣接性の比較

集塊性の分析の際行な、たのと同じように、高崎市の旧市街地と東京区部との比較を行なうてみよう。東京区部における諸数値を表3-69から表3-72に示す。先に掲げた表-62、66と比較して、大局的には、i)都市的用途(住、商、工、公)相互間及び道路終りのJOINの実数が多い、ii)クラス値は、ほとんどのペアが-となる中で、道路-商業、河川-山林・原野のペアが+の値を持っている、という共通点を持っていることがわかる。一方、大小関係と比較してみた表3-73(表では「変化」の形で描いてある)からは、i)JOINのクラス値が高崎市よりも大きい①、②のタイプに属するペアが多いこと、ii)しかしながら③のタイプには、差の検定で2指標とも5%有為となるものが多く、特に河川、農地の非都市的用途が終っているものも多くみらぬこと、iii)鉄道と住、商、公、道のペ

表3-69. 用途間JOIN数の平均値(東京区部 昭和56年 500メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	147.7										
商	29.9	19.5									
工	16.8	4.8	17.0								
公	20.9	4.8	2.3	64.8							
農	11.3	0.8	0.7	1.2	10.2						
運	6.5	2.6	2.4	1.3	0.5	13.8					
道	73.5	27.6	11.1	16.6	5.3	6.9	39.2				
鉄	2.9	1.4	0.6	0.8	0.0	0.8	2.8	13.5			
河	2.0	0.5	1.1	2.1	0.1	1.1	3.8	0.4	44.3		
未	28.7	6.8	5.0	4.5	3.0	3.4	18.5	0.9	2.1	30.9	
山	1.9	0.1	0.1	0.5	0.6	0.2	1.1	0.0	0.5	0.6	2.3

表3-70. 用途間JOIN数の標準偏差(東京区部 昭和56年 500メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	112.6										
商	24.6	33.2									
工	20.7	7.4	41.3								
公	17.0	6.7	3.8	90.0							
農	23.0	2.0	2.0	3.2	26.3						
運	6.6	4.1	4.7	2.5	1.6	44.4					
道	44.7	36.2	14.5	15.6	11.0	10.2	31.2				
鉄	6.6	3.7	2.2	2.9	0.7	3.7	6.3	64.1			
河	4.7	2.0	3.8	7.3	1.2	4.0	8.2	2.5	123.3		
未	21.1	6.8	7.8	5.7	6.5	6.4	17.5	2.9	6.3	72.4	
山	5.7	0.8	0.8	2.4	2.9	1.3	4.3	0.5	4.3	2.4	12.3

表3-71. 用途間JOINのクラス値の平均値 (東京区部 昭和56年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	3.6										
商	-0.5	3.4									
工	-0.3	0.0	3.6								
公	-2.9	-1.5	-1.2	9.7							
農	-0.9	-0.7	-0.5	-1.3	5.6						
運	-0.5	0.0	0.0	-0.9	-0.3	4.3					
道	-0.3	0.8	-0.0	-1.4	-0.4	-0.1	2.6				
鉄	-1.6	-0.5	-0.3	-1.1	-0.3	-0.1	-0.7	6.9			
河	-2.0	-1.1	-1.2	-1.5	-0.7	-1.2	-1.3	-0.6	7.2		
未	-0.4	-0.0	-0.1	-1.4	-0.4	-0.1	-0.0	-0.4	-1.8	4.0	
山	-0.6	-0.4	-0.3	-0.6	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	0.4	-0.3	5.3

表3-72. 用途間JOINのクラス値の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500m メッシュ)

変量	住	商	工	公	農	運	道	鉄	河	未	山
住	2.3										
商	1.6	2.6									
工	1.6	1.4	3.7								
公	2.5	1.5	1.3	3.1							
農	1.5	0.9	0.9	1.3	3.4						
運	1.3	1.3	1.5	1.1	1.0	4.4					
道	1.6	1.4	1.2	1.5	1.0	1.3	2.4				
鉄	1.7	1.8	1.5	1.5	1.1	2.0	1.8	4.6			
河	2.2	1.3	2.1	2.3	1.3	2.1	2.1	2.5	5.1		
未	1.5	1.2	1.3	1.4	1.3	1.6	1.4	1.6	3.3	3.2	
山	1.1	0.8	1.0	1.3	1.5	1.1	1.0	1.0	2.6	1.2	4.3

アは実数にせよクラス値にせよ高崎市を上回っていること、(iv)は利用地絡みのペアは、比率の少ない運、鉄、山の3用途とのものを除けば、JOINの実数ではすべて高崎市よりも多いこと、といった傾向がみえる。iii)の傾向は、荒川又は周辺区の残存農地がメッシュ内での比率としては大きくなることから出てくることであり、iii)

表3-73. 異種用途の隣接状態を示す指標の年度間・都市間での変化パターンと用途の関係 (高崎市昭和35年D I D内昭和54年→東京区部昭和56年)

変化パターン		
JOIN の実数	JOINの クラス値	あてはまる用途ペア
① ↗	↗	住-鉄*、住-未、商-農、商-鉄*、商-未*、工-道、工-未、公-鉄、農-運、農-道*、運-道、道-鉄*、道-未
② ↗	↘	住-農、住-道、工-河*、公-農*、公-河*、公-未*、農-未、運-河*、道-河*、河-未*
③ ↘	↗	住-工、住-運、住-山、商-工、商-公、商-運、商-道、商-山、工-公、工-農、工-運、工-鉄、工-山、公-山、農-鉄、運-未、運-山、道-山、鉄-山
④ ↘	↘	住-商、住-公、住-河、商-河、公-運、農-河、農-山、運-鉄、鉄-未、河-山、
↗	→	鉄-河
→	↘	公-道
→	→	
↘	→	未-山
→	↗	

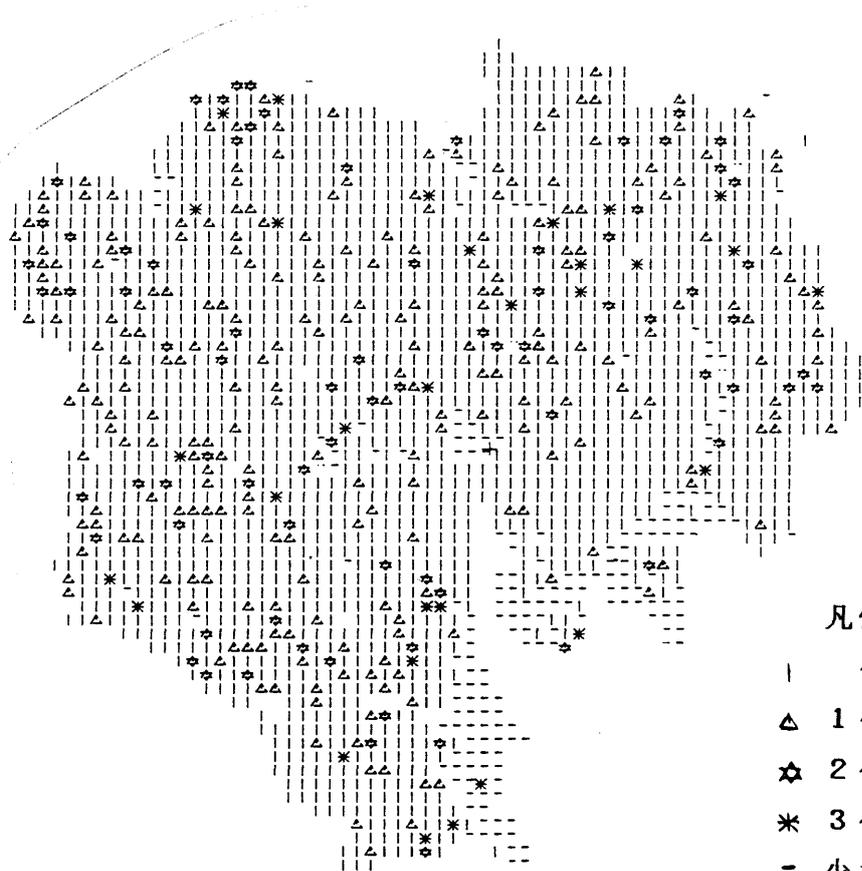
(注) *印は差の検定で2指標とも5%有為となるもの



凡例

- $m = 6.8$ (全体での平均値)
- $\sigma = 6.8$ (標準偏差) として
- | $\sim m + \sigma$
- Δ $m + \sigma \sim m + 2\sigma$
- \star $m + 2\sigma \sim m + 3\sigma$
- \ast $m + 3\sigma \sim$

図3-28. 東京区部(昭和56年)での商-未 JOINの実数の分布



凡例

- | ~ 1
- Δ $1 \sim 2$
- \star $2 \sim 3$
- \ast $3 \sim$
- 少なくとも一方の用途比率が0

図3-29. 東京区部(昭和56年)での商-未 JOINのクラス値の分布

は地方都市に比し、市街地の中を鉄道網が縦横に走る東京区部の特色を表わしている(線的用途で、比率としては大きくなるないのでクラス値が大きくなりやすい)。iv)の傾向は、市街地内の駐車場等(商-未、公-未、工-未)、建設予定地(住-未)及び周辺部の残存空地(農-未、河-未)の混じり、な傾向として読める。いずれにせよi)の傾向である、相対的隣接度の大きさが東京区部を特徴づけているようである。参考までに図3-28に商業用地-未利用地JO(前頁)のINの実数の分布を、図3-29に同クラス値の分布を掲げておく。(前頁)

3-4. 全用途間の秩序性の分析

系統的なケーススタディの最後として、情報量尺度を用い、比率構成と隣接関係について土地利用パターン全体としての秩序性を分析してみよう。前2節で述べた各用途間の傾向を総合した秩序性を計量することになる。

対象とした5地域のエントロピー関連数値 (H_1 , H_2 , $H(2)$, R_1 , R_2 , $R(2)$) の各地域内での平均値と標準偏差を表3-74~83に示す。3-1-3で述べたとおり、 H_1 が比率構成の無秩序性、 H_2 が隣接関係の無秩序性、 $H(2)$ がその二者を合わせた無秩序性を示し、冗長度の定義式

$$R = 1 - \frac{H}{H_{\max}}$$

で H と結びれた R は、夫々、比率構成 (R_1) の、隣接関係 (R_2) の、両者も合成した ($R(2)$) 秩序性を示すということになる。このように意味する所が全く裏表の関係にあり情報が重複するため、以下、冗長度 R を用いて話を進める。

まず、高崎市全域において2時点を比較(表3-74と3-76)すれば、 R_1 , R_2 , $R(2)$ とともに昭和45年から54年にかけて減少している。そして標準偏差を用いた差の検定でも R_1 , R_2 , $R(2)$ 夫々が5%有為となる。これは、比率構成の点では、農用地の減少と都市的用途の増加による比率の平準化を反映していると言えるし、

表 3-74. エントロピー-関連数値の平均値 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	1.6947	1.2890	2.9837	0.5272	0.6404	0.5838

表 3-75. エントロピー-関連数値の標準偏差 (高崎市 昭和45年 500m メッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	0.6075	0.4667	1.0559	0.1694	0.1302	0.1472

表 3-76. エントロピー-関連数値の平均値 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	1.9952	1.5436	3.5388	0.4434	0.5694	0.5064

表 3-77. エントロピー-関連数値の標準偏差 (高崎市 昭和54年 500m メッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	0.5817	0.4647	1.0249	0.1622	0.1296	0.1429

表3-78. エントロピー-関連数値の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500 μ メッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	2.4813	1.9105	4.3917	0.3079	0.4671	0.3875

表3-79. エントロピー-関連数値の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和45年 500 μ メッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	0.2754	0.2000	0.4091	0.0768	0.0558	0.0571

表3-80. エントロピー-関連数値の平均値

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500 μ メッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	2.4499	1.8853	4.3352	0.3166	0.4741	0.3954

表3-81. エントロピー-関連数値の標準偏差

(高崎市 昭和35年D I D内 昭和54年 500 μ メッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	0.3114	0.2525	0.5067	0.0869	0.0704	0.0707

隣接関係の点では、第2節で述べたように異種用途間JOINの実数が多い用途ペア間で増加していることに対応している事柄と考えて差し支えないだろう。都市的用途と非都市的用途との混在化傾向が土地利用パターン全体としての秩序性を減少させておける。

一方、高崎市・昭和35年DI内の秩序性はどうか。表3-78と表3-80を比較するならば、あずかなからであるが、R1, R2, R(2)とも増加している。サンプル数が少ないこともあり、いずれも有為差を検出するまでには致らないが、比率構成の点では住居用地の卓越化傾向がみられ、隣接関係の点では異種用途間JOIN数が減る方向にあることと符合している。

最後に表3-82に示した東京区部のものと高崎市・昭和35年DI

表3-82. エントロピー関連数値の平均値 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	2.1875	1.7594	3.9470	0.3898	0.5092	0.4495

表3-83. エントロピー関連数値の標準偏差 (東京区部 昭和56年 500mメッシュ)

変量	H 1	H 2	H (2)	R 1	R 2	R (2)
	0.5150	0.5269	1.0070	0.1436	0.1469	0.1633

D内・昭和54年の表3-80を比較してみれば、R1、R2、R(2)ともに前者が5%有為で大きい。比率構成の点では、住居、道路がいく分大きく、その他の都市的用途が後者に比べて少なく、かたよりに見られる構成になっている点で秩序性が高いと解釈できる。だが、隣接関係の点では、前節で示したように、後者に比べて前者が地域全体として異種用途間JOIN数が少ないということとは決してない（むしろ相対的隣接E表わすJOINのプラス値は大きいものが多い）。それにもかかわらずR2が東京区部のほうが大きくなるのは「500mメッシュ毎に見れば隣接ペアが特定している」と解釈せねばならないだろう。前節の表3-63に示した高崎市・昭和35年DID内・昭和54年の用途間JOIN数の標準偏差と表3-70に掲げた東京区部のそれとを比較すれば、住居、道路、河川、未利用地等多くのもので、前者の標準偏差が大きいことがあがり、JOIN数の分布が後者より偏よっていることが言える。これはメッシュ毎の隣接ペアとしては特定のものに限定される傾向——地区分化のよりは、きりした傾向、を裏付けている。東京区部という大きな広がりとは高崎市の昭和35年DIDという小さなサブエリアを考えているのだから、当然予測される傾向とは言え、興味ある事実である。

3-5. 第3章の終わりに

本章では、土地利用の集塊性・隣接性ということに着目し、それらの表現手法の考察及びケーススタディを行なった。流れとしては、

- ①セル-メッシュ型データの集塊性・隣接性を表現するための概念としてCLUMP、JOIN、エントロピーの3つを提示し、
- ②既存研究の解説を行なった上で、CLUMPについては周辺の影響を考慮して期待値の修正を行ない、JOINについてはメッシュ規模と正規性に関する考察を補足し、かつ3つの概念の相互関係を理論的に探り、
- ③ケーススタディとして、高崎市全域及び高崎市・昭和35年DIID内における年度間比較、高崎市・昭和35年DIIDと東京世部の都市間比較を行なった。

ということになる。②の理論的考察から導き出された結論はCLUMPにおいては実用的な意味を持ち、JOINにおいては直接有用というわけではないがそのプロセスにおいて空間的事象を数理的に扱う場合の示唆を与えている。

また、③のケーススタディからの知見として、

- ①25m間隔というレベルで見ると、地域、年度を問わず、ほとんどの用途でランダム状態より集塊化する傾向が見られること。
- ②高崎市全域においては、農業用地の集塊の規模の大きさが特徴

的であるが、相対的に集塊度の高いものも多い。又、道路と他用途の相対的隣接度が高い。昭和45年から54年にかけては、大抵の用途が全般に非ランダム性を維持又は増加させて推移しているが、比率の増加に比しての動きにより、集塊化のタイプが分かれている。又、異種用途間の絶対的隣接度は上がる傾向があり、その結果として土地利用パターン全体としての秩序性は減少している。

② 高崎市昭和35年DID内では、都市的用途の集塊規模及び絶対的集塊度の高さが特徴である。都市的用途の絶対的隣接度も高くなるが、相対的隣接度は全市域より低い。年度間の推移としては、非都市的用途がクランクの規模別分布においてランダム状態への接近を見せているということと、集塊性の変化が全市域と比べてゆるやかな中で商業用地の動きに特色がある。又、隣接性の変化も全市域と比べてゆるやかであるが、絶対的隣接度が下がる方向が支配的であり、パターン全体としては秩序性は年度間の上昇している。

④ 高崎市・昭和35年DID・昭和54年と東京西部・昭和56年との比較では、後者の相対的隣接度の大きさが際立った特徴となるが、JOIN数の分散と冗長度の傾向からは、メッシュ毎には隣接状態がむしろ秩序立っている様相が推測される。

といったことが挙げられよう。

以上の確認点と第二章の内容を考え合わせ、次の終章で理論的側面、都市計画上の意味の側面、両面を分けてまとめを行ない、今後の課題を合わせて提示する。

第3章補注

(1) JOINのクラス値が標準正規分布に漸近することに関しての補促

その1 — Krishna Iyerは上記を証明するために、JOINのクラス値の分布形のキュムラント、

$$K_r(d(x))$$

一般的にr次のキュムラント K_r とは、平均値周りのモーメント μ_r と、 t についての恒等式、

$$K_1 \frac{t}{1!} + K_2 \frac{t^2}{2!} + \dots = \mu t + \ln(1 + \mu_2 \frac{t^2}{2!} + \mu_3 \frac{t^3}{3!} + \dots)$$

(但、 μ' は分布の平均値)

の両辺比較によ、て定義される量で、

$$K_1 = \mu', \quad K_2 = \mu_2, \quad K_3 = \mu_3, \quad K_4 = \mu_4 - 3\mu_2^2, \dots$$

のような関係がある。

が、標準正規分布のそれである

$$K_r = 0 \quad (\text{但、} r = 3, 4, 5, \dots)$$

に漸近することを示す方法をとり、ている(文献5)、6)。しかしながら、彼の確かめたのは、3次と4次のキュムラントについてのみ(文献10)で解説済みであるが、あつたを述べておく。モーメントの考察の時と同じように、クラス値に関するキュムラント $K_r[d(x)] = \frac{K_r(x)}{K_2^{r/2}(x)}$ となるので、やはり、JOIN

数に関するキュムラント $K_k(x)$ のメッシュ規模 b についての次数を見ればよい。しかるに、 $K_3(x)$, $K_4(x)$ に関するパターンはいずれも「ひとかたまりのパターン」であることを示すことができ、従って $K_3(x)$, $K_4(x)$ はいずれも b の 1 次式となる。ゆえに、 $K_3[d(x)] = O\left(\frac{b^3}{b^2}\right) \rightarrow 0$, $K_4[d(x)] = O\left(\frac{b^4}{b^2}\right) \rightarrow 0$ (いずれも $b \rightarrow \infty$ のとき) が言える) であり、一般的な高次のキュムラントについては明確な考察を行なっていない。この点、本文に示した Moran の方法の方が、1 日の長があると言える。

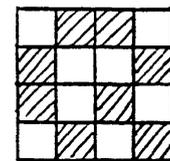
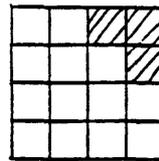
その 2 — この事柄を、より広い枠組で捉えるならば、「相互に独立でない変数 (X_i : i 番目の JOIN が黒-黒である etc.) の和の分布が正規分布に漸近する条件は何か?」という統計学上の問題に帰着される (相互に独立な変数の和の分布の場合は、いわゆる「中心極限定理」*) で、Lyapunov 条件や Lindenbergs 条件といった有名なものがある)。これに関しては、「独立でない」程度に応じて (JOIN の場合は隣接する JOIN に対してのみ独立でなく、せしむ共有しない JOIN 同士は独立ということになる) 様々な研究がなされ、いくつかの場合に対して十分条件が呈示されている (M. Loeve (1963) Probability Theory など) が、複雑になりすぎてあまり実用的ではないようである。(この件に関しては新潟大学数学科の磯貝講師に御教示頂いた)。

*) 厳密に言えば、狭義の中心極限定理の前提は「相互に独立、かつ同じ分布に従う変数の和の分布」であり、「同じ分布に従う」という仮定を取払う時の制約として Lyapunov 条件等がある、という関係になっている。

(2) JOINの実数とクラス値の読み方について、又は「絶対的集塊性(度)」と「相対的集塊性(度)」について

JOINの実数は同じでも、比率が違えばクラス値の値はかなり異なったものになる。図3-補1に示す例では、左のパターンと右のパターンでは黒-黒JOINの実数は2本で等しいが、同JOINのクラス値は左が+0.99となるのに対して、右は-1.21と小さな値となる。左のパターンは黒用途の「比率の割には」JOINの数が多いのに対して、右のパターンは黒用途の「比率が大きいのにもかかわらず」JOINの数は少ないというわけである。両パターンの白用途について言えば、左のパターンの白用途は「比率が大きく、かつ」JOINの数も多く、

右のパターンの白用途は「比率が大きいのにもかかわら



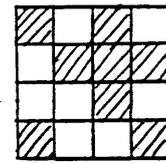
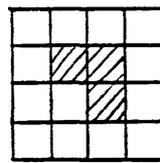
JOINの実数(黒-黒)	2	2
JOINの実数(黒-白)	4	20
JOINの実数(白-白)	18	2
JOINのクラス値(黒-黒)	0.99	-1.21
JOINのクラス値(黒-白)	-0.99	3.26
JOINのクラス値(白-白)	0.54	-1.21

図3-補1. 黒-黒JOINの実数が等しい2種類のパターンに対する諸指標の値

ず」JOINの数は少ない。両パターンの白-白JOINのクラス値 — 左のパターンについてはある程度の+の値、右のパターンについては大きな負の値 — はこのことを示している。

また、図3-補2はJOINの実数とクラス値の大小関係が逆転する例である。黒-黒JOINの実数は黒用途の比率の大きい右の図の方が大きくなるが、同クラス値では左の図 — 「比率の割には」JOINの本数がある方 — が大きくなっている。ケーススタディにおいては、JOINの実数の多さで表わされる性質を「絶対的集塊度(度)」、クラス値の高さで表わされる性質を「相対的集塊度(度)」と呼ぶことにする。つまり、図3-補2については、右の図は左の図に比べて「絶対的集塊度」が高いが、比率を考慮した「相対的集塊度」は低い、と

いう言い方をケーススタディにおいて用いている。



JOINの実数(黒-黒)

2

4

JOINのクラス値(黒-黒)

0.99

-0.60

図3-補2. JOINの実数の大小とJOINのクラス値の大小が逆転する例

第3章参考文献

- 1) Roach, S.A. (1968) THE THEORY OF RANDOM CLUMPING, METUEN & Co. Ltd. pp.73-94
- 2) Todd, H. (1940) "A note on random associations in a square point lattice", Supplement to the Journal of Royal Statistical Society, Vol.7 pp.78-82
- 3) Finney, D.J. (1947) "The significance of associations in a square point lattice", Journal of the Royal Statistical Society, Supplement 9 pp.99-103
- 4) Moran, P.A.P. (1948) "The interpretation of statistical maps", Journal of the Royal Statistical Society B-10 pp.243-251
- 5) Krishna Iyer, P.V. (1950) "The theory of probability distributions of points on a lattice", Annals of Mathematical Statistics, Vol.21 pp.198-217
- 6) Krishna Iyer, P.V. (1952) "Factorial moments and cumulants of distributions arising in Markoff chains", Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics, pp.114-123
- 7) Kai Lai Chung (1974) A COURSE IN PROBABILITY THEORY, ACADEMIC PRESS, pp.94-99

- 8) Kendall, M. G. and Stuart, A. (1969) THE ADVANCED THEORY OF STATISTICS, CHARLES GRIFFIN & Co. Ltd., pp. 55-61
- 9) 大江守之 (1977) 土地利用混合度に関する基礎的考察 (東京大学工学部都市工学科昭和51年度卒業論文)
- 10) 拙著 (1982) 土地利用の秩序性・無秩序性に関する指標の検討 (東京大学工学部都市工学科昭和57年度修士論文)
- 11) 拙著 (1982) 「土地利用の秩序性の数理的表現に関する考察」
都市計画 別冊 学術研究発表会論文集 17 pp. 73-78
- 12) 小出治 (1977) 「土地利用混合度の適用並にその検定」
都市計画 別冊 学術研究発表会論文集 12 pp. 79-84
- 13) 小出治他 (1980) メッシュデータによる空間パターン分析把握手法開発調査報告書, (性) 日本科学技術研修所, pp. 115-147
- 14) 磯道義典 (1980) 情報理論 コロナ社
- 15) Beineke, L. W. et al. (1978) Selected Topics in Graph Theory, Academic Press, pp. 20 など
- 16) Gatrell, A. C. (1977) "Complexity and Redundancy in Binary Maps", Geographical Analysis Vol. 8 No. 1. pp. 29-41

第4章 . 結章

第2章では500mメッシュレベルでの土地利用比率の「同質性」ということに着目し、クラスタリングと判別分析を結合する方法により、市域あるいは地域全体をサブエリアに分類することで、土地利用のマクロな秩序性の分析を行なった。一方、第3章では、25mセルレベルでの集塊性・隣接性に着目し、CLUMP、JOIN、エントロピーの概念を用いて土地利用のミクロな統計的秩序性を抽出した。

これらを受けてこの結章では、まとめ及び今後の展開に向けての課題の提示を行なう。まず、解析手法の有効性の側面から結論をまとめて示し、今後の課題についていくつかの実例を挙げながら解説する。次に、ケーススタディからの知見を地域別にまとめ、都市計画を考える前提となる「都市の内部構造の認識」という話題に関しての新たな展開方向を提示する。

4-1 . 解析手法の有効性に関する結論と今後の課題

4-1-1 . 土地利用のデータ構造と同質地域の抽出に関して

4-1-2 . 集塊性・隣接性の分析指標に関して

4-2 . ケーススタディからの知見のまとめ

4-3 . 都市の内部構造理論の展開に向けて

第4章参考文献

4-1、解析手法の有効性に関する結論と今後の課題

4-1-1、土地利用のデータ構造と同質地域の抽出に関して

第2章で示した手法は、土地利用比率の同質性ということも基準としてクラスタリングと判別分析を連続して用い、都市内あるいは地域内をいくつかのサブエリアに分類し、その空間的パターンをみることにより、土地利用の側面から都市の内部構造を把握し、かつ、年度間・都市間のパターンの比較を実現しようとしたものであった。こういった手法をとらざるを得ない理由としては、土地利用カテゴリカルデータのデータ構造（カテゴリごとに見た場合の非正規性、カテゴリ同士の相関の非直線性・潜在的な負の相関性）に問題があり、旧来、一般的に行なわれてきた、因子分析→分散分析と進む方向では、因子分析の寄与率が低い等、満足ないく結果が得られないからということであった。

提示した手法の有効性は、ケーススタディを通して、効率のよい地域分類が行なわれ、各都市・各年度の土地利用パターンが比較認識しやすい形で示されたことから実証されたといつてよいであろう。しかしながら、Ward法の採用、最適クラスター基準値としてのBealeのFの採用、1st bestのクラスターと2nd bestのもの併用等は、実験的に解析を行なっていく中で出てきたものであり、解析手法のアルゴリズムの中に一般的に組み入れることは難しい。

このようなプロセスは、こうい、た社会的事象の解析にはどうしても避けられないことであると考えた方がよさそうである。

次に、今後の課題として考えられる点をいくつか掲げておく。まず、今回は、都市の内部構造理論からの文脈で、Factorial Ecology とクラスタリングの対比にのみ目を向けたが、土地利用による地域分類の方法ということであれば、従来からなされてきているウィーバー法、トーマス法とい、た代表的なカテゴリーのみを取り出して「地域性」ということを表現する方法もある¹⁾ (実際、新潟市においては、トーマス法を用いて500mメッシュによる地域分類を行っている²⁾。図4-1に示しておく)。こうい、た余分なカテゴリーを切り捨てていく方法も、時としては都市の土地利用パターンの把握をより明確に示すこともあり、何よりも各サブエリアのネーミングが容易であるという利点をもつ。このような素朴な方法のポテンシャルも今一度見直してみる必要があるだろう。

また、やや技術的な話題では、判別分析の際に、非線形な関数を導入することによって、さらに判別効率を上げることが考えられる。しかし一方で、判別関数に何らかの意味をおめようとするに、非線形のものではその性格が明確にならないという欠点があると言えよう。従って「あまり次数の高くない関数でかつ判別効率、上がるもの」というトレードオフ的な思考が必要にな、てこよう。これに

は、「予測」の観点を含み入れた Bayes 統計の考え方が参考になるものと思われ。

最後に、データの作成方法に関わることであるが、メッシュ規模により同質地域の様相が変化しないか、ということがある。これは、市域レベルあるいは地域レベルの土地利用パターンを「最もよく表わす」メッシュの大きさというものが存在しないか、又は「どれくらいの細かさ(粗さ)」で見れば都市全体あるいは地域全体のパターンが表われやすいか、という問題に発展してくる。例えば、総務庁統計局の「地域メッシュ統計」では、全国の全地域について $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ の「基準メッシュ」を採用し、その中でも特に全国の人口集中地区(DID)について $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ の「分割メッシュ」を採用している。又、本論文でも、高崎市全域については 500 m メッシュで分析を行ない、昭和35年 DID のクラスタリングの際には 250 m メッシュを用いている(第3章の分析については、ポイント数、JOIN のクラス値の正規性の保証のため 500 m メッシュのままとした)。これらは、直観的にその方が「わかりやすい」と感じられたからそうなった、あるいはそうしたのであり、そのことについての何らかの意味付けが必要であるように思う。これはデータ収集のねらいと方法に関連する議論であるばかりでなく、地域の「まとまり」をどれくらいの規模で考えればよいかという計画上有用と思われ

れる問題も孕んでいると言えよう。

4-1-2. 集塊性・隣接性の分析指標に関して

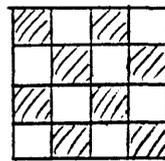
土地利用のミクロな秩序性と題して第3章の分析に使用した手法は、25mポイントサンプリングデータレベルでの同種用途間の集塊性、異種用途間の隣接性をよみとるものであった。各地域の各用途あるいは用途間の集合状態の特徴を表現しようと試みたわけである。CLUMP、JOIN、エントロピーの3指標を導入し、特に前者については理論的に掘り下げてみた。CLUMPにおいての周辺の影響を考慮した期待値の算出は実用的な意味が大きく、JOINにおいての統計量とパターンとを対応させた考察は、セル-メッシュ型に生起する名義尺度型の変量を統計的に扱う際の示唆を与えている。また、JOINとCLUMP、JOIN(のクラス値)とエントロピー(に対応する量としての冗長度)の相互関係もある条件下で理論的に示すことができた。

提示した手法は、多くのメッシュの平均としての傾向を扱う限りにおいて、そして、年度間あるいは地域間の比較分析を行なう限りにおいては実用性のあるものと言えよう。但、CLUMPやJOINにおける「ランダム状態からの隔たり」ということの意味に関しては、考をなければならぬことが多い。特にCLUMPにおいて

25mメッシュレベルでは、すべての用途についてランダム状態より集塊側に出る、ということは、常識的には当然と言、てもよく、そのことのみについていわゆる「都市計画的意味」は求めにくい。さらに各メッシュ毎に細かく見た場合には、比率の小さい用途に対して、JOINのクラス値が敏感に反応しすぎる問題点もある。とりあえずは、年度間、都市間の「相対的比較」で論を立てるのが無難と言えよう。

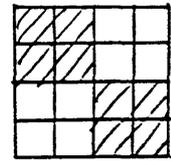
次に、今後の課題等に関して、本論からは割愛したが、関連の深い解析例を交えて述べておく。まず、隣接性の秩序のレベルということについて前章で簡単に解説した S （情報類似度）を使って考えてみる。 S は前述のとおり「パターン全体の情報量に対して隣接性からくる情報量の割合」を示す量であるが、これは、図4-2のようによく隣のセルとの情報類似度（ S_{1cell} ）ばかりでなく1セルおいて次のセル（すなわちセルの中心間距離にして2セル分離しているセル）との間でも定義することができる（ S_{2cell} ）^{*}。こういった

“lag”（時系列分析からの用語で“遅れ”の意味だが、今の場合“隔たり”のこと）を持った隣接関係の秩序性を高崎市について見ると、図4-3



$$S_{1cell} = 1.00$$

$$S_{2cell} = 1.00$$



$$0.04$$

$$1.00$$

図4-2. 秩序性を持った2種類のパターンに対する S_{1cell} と S_{2cell}

*) 2用途間のJOIN毎に同様の考察が、第3章文献13)の中で行なわれている。

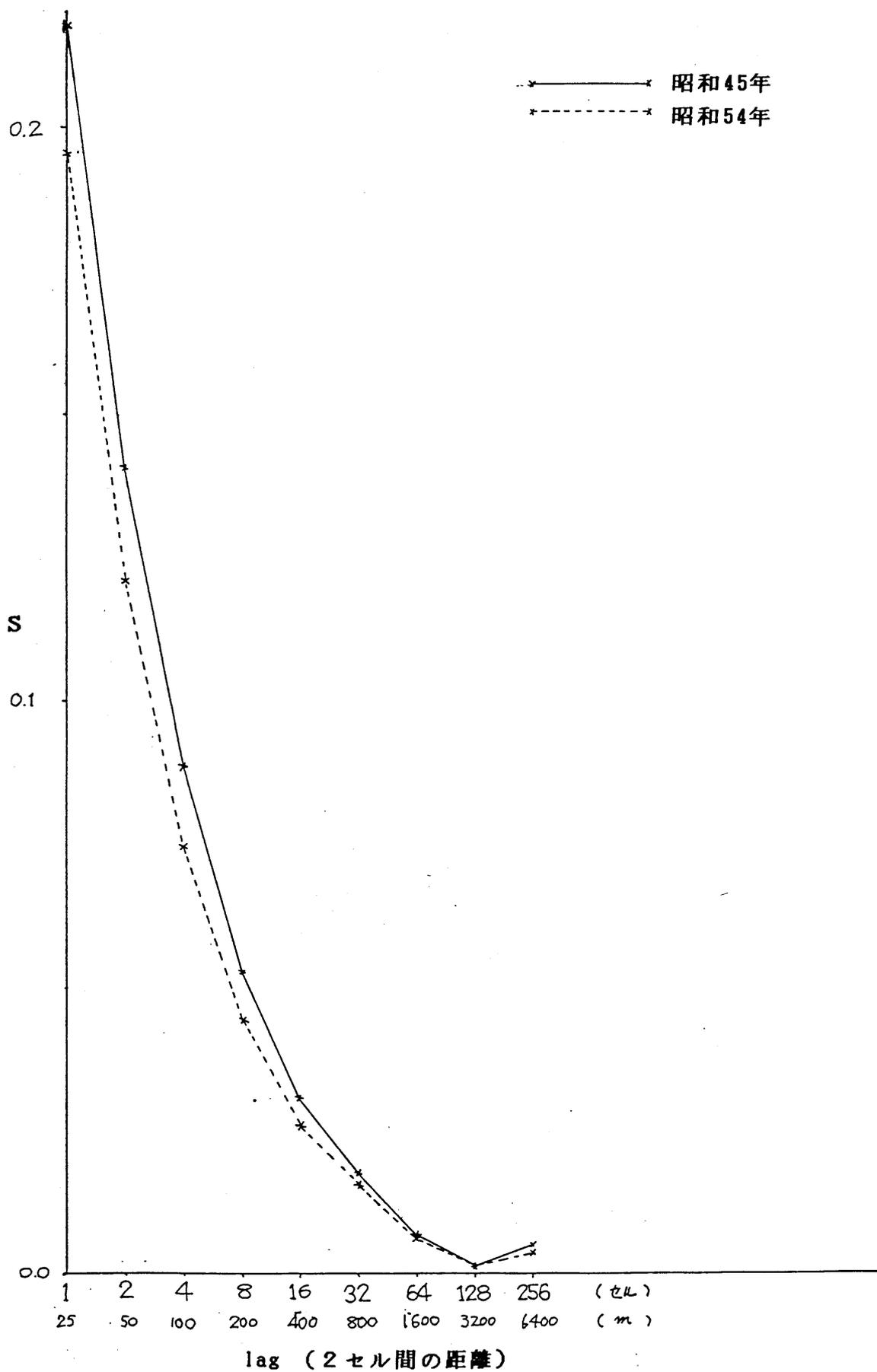


図4-3. lagの大きさと情報類似度Sの関係
(高崎市全域 25セルデータについて)

のようになる。すなわち、実際にはやはり S_{1cell} が最も高く、セル間の距離が大きくなるに従って S の値は減少するという形になる。これは、25mセルレベルでは隣接関係からくる情報量としては、すぐ隣のセルからのものが一番大きいことを示し、一応は「すぐ隣り」との隣接性を見ることは必然性があるということになる。（ S_{25cell} （セル間の距離にして6.4km。高崎市域の約半分の長さで、データ構造からいってこれが S を算出する限界）は $S_{125cell}$ に比べて若干上がるが、これは中心市街地と周辺部の用途の対照的なペアの秩序性が出てきたもので、これは、第2章のマクロパターンとの接点となる事実であると言える）。

このように概して、 lag_n とともに隣接関係からくる情報量が少なくなることに關しては、同種用途間の集塊傾向が強いということがその一因であろうが、ちょうどその lag_n のセル数だけ離れている所で測ると、そのでは秩序性が出にくいということもあろう。従って、今後の課題として、図4-3に示したように、ある一定の領域を取り、その領域の中に特定の用途があるか否かで lag （図では L ）を持つた隣接性を測ってみることも考えられる。いわば

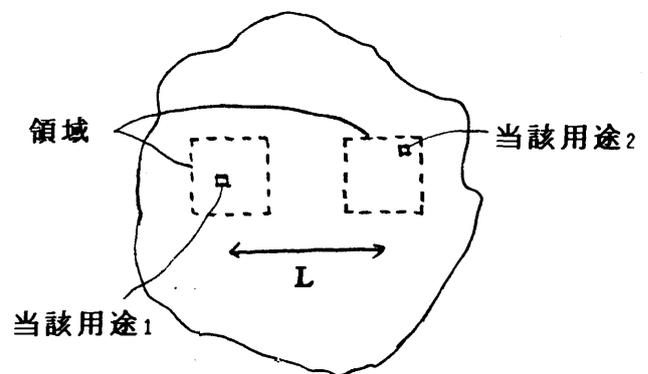


図4-4. 「ゆるやかな秩序性」の計量のイメージ

「ゆるやかな隣接性」の計量と云える。学校など周期性を持つた施設の配置の秩序性はこのような形で検出されるのではないだろうか。

最後に、今回の解析上、最も大きな問題点となったこととして、道路や鉄道のような線状のもの秩序性をどう捉えるか、ということが挙げられる。こゝの用途は、JOIN数、クラス値ともに他の面的に集塊する用途ほど大きく出ないが、人間の目でみれば明らかな秩序を持つている。これが、土地利用のパターンを解析的に扱う場合に極めて大きなネットワークになっていることなのである。「線的な」或いは言い換えれば、「一定の方向性を伴う集塊性」を表現する仕掛けが必要と言えよう。

以上のような問題が解決されたとき、(比率による秩序) + (隣接関係による秩序) + (その他の秩序) という形での、土地利用パターンのよりリアリスティックな分析並びにシュミレーションといったことが可能になるのではないだろうか。*)

*) この他に全く理論的な課題になるが、CLUMPやJOINの期待値や分布形について、ある程度の有限メッシュについて、すべてのパターンを数え上げてみるこゝが挙げられる。このためのコンピュータアルゴリズムの開発は興味ある問題である。

4-2. ケーススタディからの知見のまとめ

次に、前々章、前章のケーススタディからの結論を、地域ごとにまとめると以下のようなになる。

まず、高崎市全域について、マクロレベル分析においては、1st bestでは市街地、農地、山林・原野、2nd bestでは市街地、市街地予備軍、農地、工業用地、河川、山林・原野の明確なグループに分けられ、基準を合わせた2時点間のパターンの変化では、市街地的グループの市域周辺への拡大化傾向がみてとれ、市域全体としての土地利用パターンは多核的なものからセクター性の強いものへと変化していることがわかった。また、ミクロレベルの分析においては、25mレベルで見たときの同種用途間の集塊性が両年度に共通し、2年度間を比較してみた場合には、異種用途間特に都市的用途と非都市的用途の混在化傾向が明らかとなり、年度間でエントロピーの増大即ち秩序性の減少がみられた。結局、高度成長期をはずしての9年間（昭和45年→54年）の市域ワイドで見た市街化の様相が明らかとなり、たいてい、常識的な傾向を遡認した結果となり、たとえば言う。

一方、高崎市・昭和35年DIDについては、マクロレベルの分析においては、1st bestの商、住、公、工・鉄、河の5グループが抽出でき、年度間では、中心商業地域の分化傾向（即ち、駅前の商

業核とその他の周辺部への)が見てとれ、ミクロレベルでは、都市的用途間のJOIN数が多いという共通点はあるものの、年度間の変化では、住-商ペアのJOINが、メッシュ毎にかなりバラついた変化傾向を示していることがわかり、かつ秩序性は僅かに上昇していた。こゝらはさらに細かく実態と照らして考えれば、旧市街地内が、当該年度間において、土地利用の側面から見て、高崎駅付近の中心部と併用店舗中心の路線商店が櫛形状に欠けていく周辺部に二分されていくということを示している。そうした地区分化の結果として、エントロピーは下がり、秩序性が上がったわけである。

最後に、高崎市と東京区部の比較については、マクロレベルでの分析においては、高崎市全域の基準では東京区部の意味ある分類が、出さにくいのに対し、高崎市・昭和35年DIDの分類基準は、東京区部の分類基準としても極めて妥当であることがわかった。一方、ミクロレベルの分析においては、都市的用途の集塊性の強さが、高崎市・昭和35年DIDと東京都区部に共通する点としてあるが、異種用途間の隣接性では、東京都区部の相対的隣接度の高さが目立っていた。にもかかわらず、土地利用パターンの総体としての秩序性は、高崎市・昭和35年DIDと比べて高く、これは各メッシュの隣接ペアが特定されているからであると推測された。言ってみれば、全体の地域分化の程度としては、土地利用パターン上、相似性がみ

うしろ両地域であるが、東京都西部の言が、サーエリア内の隣接の形態に即地性がある。すなわち地域の姿がより明確なものとな、ていると言えるだろう。

4-3. 都市の内部構造理論の展開に向けて

以上のケーススタディの知見から、高崎市の土地利用について、①シティワイドで見た市街地の拡散化傾向、と、②既成市街地内部の再編成の傾向をその秩序性の変化から読みとる事ができた。

ここで、今後の展開のために特に注目しておきたいのは後者の傾向である。①の傾向が常識的に領けるのに対し、②の傾向は、今まで、旧市街地の事業地化→新市街地への人口の分散（いわゆる「平準化」と「外延化」）という図式に隠されて、明確には捉えられてこなかったように思う。実際、高崎市の昭和35年DIDは、当該年間で人口がほぼ全域にわたり減少しており³⁾、その意味では全体が「同質的」と言える。しかしながら、土地利用の側面から見れば、決してそうではないのである。

これについて、土地利用パターンからは若干離れるが、関連性の深いと考えられる事実について述べておこう。高崎市について、国勢統計区⁴⁾のデータの中で地区のアクティビティを示す基礎的なもの — ①総人口、②普通世帯数、③準世帯人員の人口的指標と、④非農林水産業事業所数（以下、事業所数とする）、⑤同従業者数（以下、従業者数とする）の産業系指標 — の2年度間 — 昭和50年と昭和55年（事業所統計調査が出典となる⁴⁾、⑤については昭和56年のものを準用 — の変化を夫々出し、この5指標の増減傾向に

*）国勢調査区をいくつか集めて作られる区域で、ほぼ人口1万人程度で1つの国勢統計区を示すようになっていた。昭和45年の国勢調査及び、昭和49年の事業所統計調査から、都道府県庁所在市及び主要都市について指定されている。（次の頁へ続く）

よ、表4-1のように、各統計区も5種類に分類してみた。この分類されたエリアの位置とDIDの履歴で分けた市街地の新旧を示す4つのゾーン^{*}との関係を見ると図4-5に示す様になる(一番内側のゾーン(ゾーンI)として、中心地域—従業者数/人口が1以上で、かつ、事業所数、従業者数ともに上位1/4以上に属するエリアの集合—を定義しておく)。特に、表4-1のうち、人口系の3指標、産業系の2指標ともに減少に転じている「衰退エリア」に注目すれば、該当する2エリアはいずれも、図4-5のとおり、旧市街地と目される昭和35年DID内、しかも中心地域外昭和35年DID内の第IIゾーンに属していることがわかる。特に、同図のエリア番号4の旧市街北西部に当たる統計区は、第二章のマクロレベルの分析において、昭和45年から54年にかけて商業地的なグループから外れてい、たメッシュを、又、同時に第三章のミクロレベルの分析において、商業核がくすね住居用地が細かく侵入していく区域を含んでいることが確かめられる。このように、高崎市における、土地利用の側面から見た旧市街地の再編成の傾向は、経済的な変化を反映したものであろうことが示唆されるわけである。

上記の5エリア-4ゾーンの分析を、政令指定都市を除く、国勢統計区のある地方都市(年度間で国勢統計区が変更になっている場合は、比較に堪え得るように境界線の整合を行な、た⁴⁾)について

(前頁の脚注続き) 高崎市については、昭和50年の両調査より指定された。

*) 各エリアは、その面積の半分以上が含まれているゾーンに属するものとする。

表4-1. 5指標によるエリアの分類

年度間の各指標の動き					エリアの定義
人口	普通世帯数	準世帯人員	非農林事業所数	非農林従業者数	
減少 減少 増加 増加	減少 減少 増加 増加	減少 減少 増加 増加 その他	減少 増加 減少 増加 その他	減少 増加 減少 増加	衰退 事業地化 住居地化 成長 その他

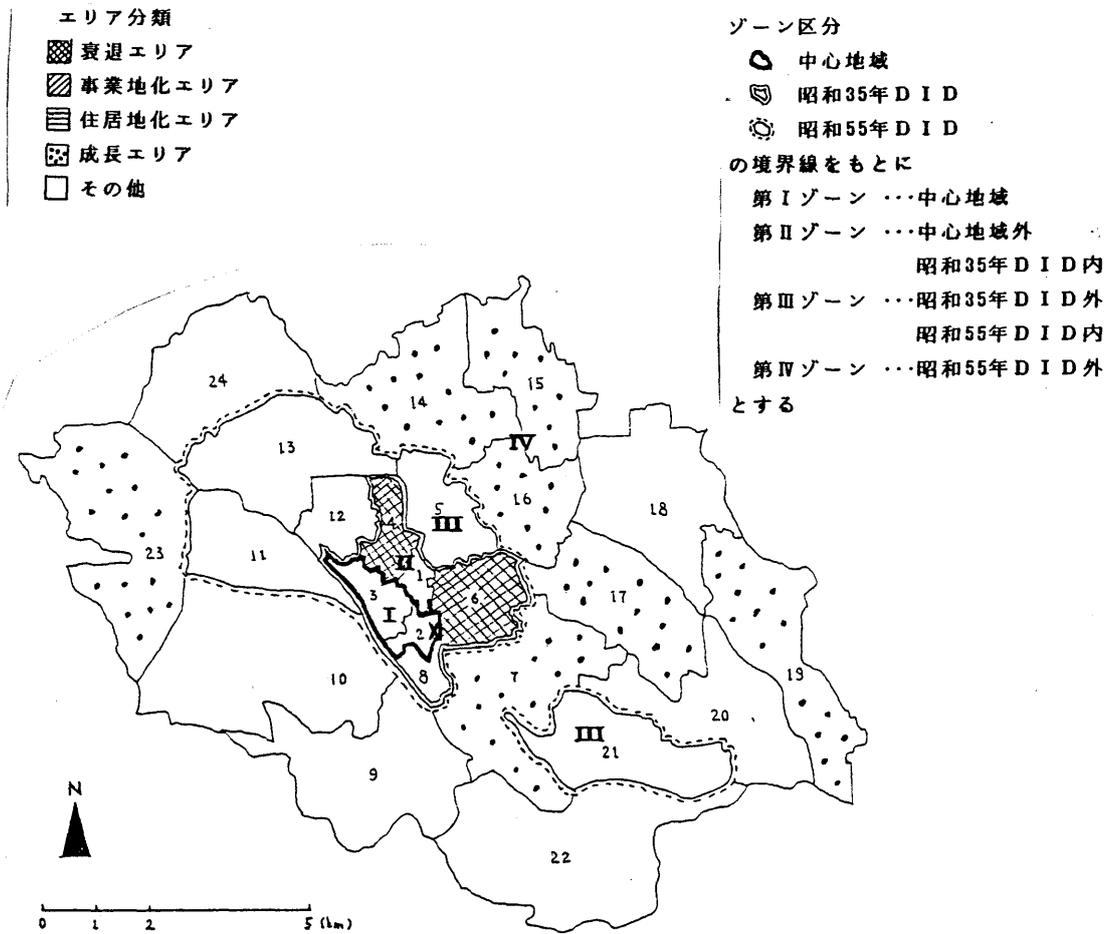


図4-5. 高崎市における5エリア分類と4ゾーン区分(昭和50年→昭和55年)
(算用数字は国勢統計区の番号 ×印は高崎駅の位置)

適用し、地方別に傾向を示した結果が表4-2である(昭和45年(専業所統計調査については昭和47年)に既に統計区が設定されている都市については、昭和45年→昭和50年の年度間変化も分析対象に含め、そのうちのべ数により表を作成した。なお、統計分析の詳細は文献4)~8)参照)。これによれば、地方間により若干の差は見られるが、全体的に見れば、全衰退エリアのうち半数以上が第Ⅱゾーンに存在していることがわかる。また、各ゾーン別の全統計区数に対する衰退エリア数の割合で見ると、北海道・東北、近畿、中国、四国・九州・沖縄の4地方においては第Ⅰゾーンが最も高く次いで第Ⅱゾーンとなり、関東、中部の2地方においては第Ⅱゾーン、第Ⅰゾーンの順となり、6地方とも第Ⅲ、第Ⅳゾーンでの衰退エリアの存在割合は格段に低くなる、という(いずれの地方に

表4-2. 都市内ゾーン別総統計区数及び衰退エリア数

	I			II			III			IV			全ゾーン計 衰/総 (%)		
	衰	総	(%)	衰	総	(%)	衰	総	(%)	衰	総	(%)			
北海道・東北	14	59	23.7	23	162	14.2	2	128	1.6	8	316	2.5	47	665	7.1
関東	4	46	8.7	36	336	10.7	8	347	2.3	5	275	1.8	53	1004	5.3
中部	11	51	21.6	59	185	31.9	5	136	3.7	6	394	1.5	81	766	10.6
近畿	5	36	13.9	42	363	11.6	22	381	5.8	9	233	3.9	78	1013	7.7
中国	12	53	22.6	21	140	15.0	1	55	1.8	20	275	7.3	54	523	10.3
四国九州沖縄	8	60	13.3	18	194	9.3	7	140	5.0	12	302	4.0	45	696	6.5
全国	54	305	17.7	199	1380	14.4	45	1187	3.8	60	1795	3.3	358	4667	7.7

但、総…各ゾーンに属する総統計区数
 衰…各ゾーンに属する衰退エリア数 %は各ゾーンの総統計区数に対する衰退エリア数の百分率。
 I: 中心地域内 II: 中心地域外昭和35年D I D内
 III: 昭和35年D I D外昭和55年D I D内 IV: 昭和55年D I D外

おいても「ゾーン区分」と「衰退エリアの有無」に対するクロス集計のχ²検定結果は5%有為となる)。また、衰退エリアを少なくとも1つ持つ都市の割合は72.4% (139 (衰退エリアを持つ都市のべ数) ÷ 192 (全のべ都市数)) に及んでいることが確認されている(文献4)~8)。

以上のことより、高崎市の土地利用の秩序性の変化より垣間見られた旧市街地内の再編成の現象は、全国の主要地方都市に一般的に見られるであろうという予想ができる。市街地全体として見た場合の拡散化と同時並行して起こっている、こういった高密度市街地の変容の傾向は、都市の内部構造も動的に捉える場合に認識しておかねばならない重要な事実と言えよう。近年、先進諸国の大都市において叫ばれているいわゆる「インターシティ」の問題も、こういった高密度市街地の動態的傾向(再編成への一種の「必然性」のようなもの)に、人種問題や人口の老化化等の問題がからみ深刻化したものを見ることはできないだろうか。都市構造から都市問題を見つめる一つのパーспекティブとしてここに提示し、本論を終えることとする。

第4章参考文献

- 1) 奥平耕造 (1982) 都市・地域分析の方法, 東京大学出版会,
pp. 151 - 210
- 2) 新潟市建設局都市計画部都市計画課 (1982) 1982 MESH
N I I G A T A (新潟市土地利用調査報告書)
- 3) 川上秀光 (1983) 地方中心都市における安定状態にある住宅
市街地の画定とその居住環境条件の把握と整理, (財)住宅普
及会住宅建築研究所, pp. 1-94
- 4) 玉川英則, 真壁恒雄 (1986) 「地方都市における衰退エリア
に関する考察 その1 - 衰退エリアの抽出方法及び関東地方の
諸都市について」, 日本建築学会関東支部研究報告集 (計画系),
pp. 345 - 348
- 5) 同上 (1986) 「同上 その2 - 中部地方の諸都市に関する分
析及び関東地方との比較」, 日本建築学会北陸支部研究報告集,
Vol. 29, pp. 317 - 320
- 6) 同上 (1986) 「同上 その3 - 北海道・東北地方の諸都市に
関する分析」, 日本建築学会大会学術講演梗概集F, pp. 233-234
- 7) 同上 (1986) 「同上 その4 - 中部・東日本の地方別比較」,
同上, pp. 235 - 236
- 8) 同上 (1986) 「西日本における地方都市の衰退エリアに関す
る考察」, 日本不動産学会秋季全国大会 (学術講演会) 梗概集,
2, pp. 39 - 42

あとがき

私の少年の日の情景で言うならば、プラモデルの箱を手にしたとたん、ろくに説明書も読まずにバタバタと組み立てをはじめたように、今の同じ年頃の子について言うなら、ファミコンのリフトも買入れ、これまた解説のパンフレットなど無視していきなりゲームに熱中するように、今一度、本論をを読み返してみたいところ、いかにも強引な構成となつてしまつて、感は否めない。

解析手法についての考察は、多分に「理論的」に走り過ぎたまらひがあり、応用面での有効性についての考察が手薄になっている。又、ケーススタディにおいても、網羅的にやろうとする余り、焦点の絞らぬままの記述になつてしまつた。土地利用の秩序性を包括的に捉えようといふ意図したとは言へ、特に第3章においては、用途数等限定した記述にした方が、内容はもっとすっきりしたものになつたのではないかと反省している。

そんな中でのあずかの救いは、とにかくにも、データの不足ということも理由に今までほとんど手のつけられていなかった、都市内の土地利用の秩序性を計量的に扱つたということと、ケーススタディからの結論（これは、当初の本論の目的からすれば「副産物」といふべきであるが）として、高崎市の全市場としては常識的な傾向が、旧市街地内の傾向としてはやや意外な傾向が土地利用の側面

から指摘できたという点であろう。

前者のことについては、「将来的にデータが揃えば、いくらでもやることはある」と主張できる点では一つの情報にはなるのではないだろうか。データの収集自体を目的化しないためには有用なことであろうと思われる。

後者については、第4章の最後で示したとおり（「衰退エリア」という名称に関しては、各方面から不適當であるという指摘を頂いている。より適當な言葉に修正するつもりである）の方向への展開が考えられよう。そもそも、都市の内部構造分析というものが、社会学的な問題意識（いわゆるシカゴ学派の都市社会学）から派生し、しだいに functional な扱いに卒を変えていったことを考えれば、この方向は、当初の問題意識への「お里帰り」とでも言うべきものである。social decay とまでは言わないまでも、向うかの「再編成過程」がある程度の歴史を経た都市に見られることは当然と言えは当然であるが、単にそう言い切、てしまっでは何にもならない。ケースの積み重ね、類型化、理論構成と進む道筋があるべきであろう。高崎市の例も、その1つのケースとして見て頂ければ幸いです。

それにしても、ここ新編の地へ来てから、もう早や3年が過ぎようとしている。大学院生として4年、東京大学都市工学科の研究室

にお世話になり、大きな宿題を残したまま職に就き、落ち着かないまま緊張の面持ちで教壇に立ち、遅々として進める研究に随分と焦りを感じ、時の立つのがやけに早く感じられる——といった日
日の連続であった。

そんな中で、本論もようやく終わろうとしている。冒頭の謝辞に掲げた人々をはいめとして、幾多の方々へ御迷惑をおかけしたことをお詫いし、お世話になったことに改めて感謝の意を表し、ここにペンを置くことにする。

初冬の新潟大学にて

玉川英則