

リモートセンシングによる水田分級の試み

佐藤 哲夫

I. 本稿の目的

戦後 25 年間の日本の水田面積は、強制供出の停止以後に取られた高米価政策の影響や麦類の間接統制への移行の影響を受けて、拡大を続けて来た。しかし、その拡大期の最後の 10 年にあたる 1960 年から 70 年にかけては、全国的には 81 千 ha (3%) の増加となったものの、すでに都市化による農地転用や過疎化による耕作放棄という現象も現われており、拡張が見られた県は寒冷地稲作の安定や乏水性台地の開田などの技術的進歩の恩恵を受けた埼玉県以北の東北日本と熊本県のみであった。

昭和 40 年代にはいって米供給が過剰基調に転じ、昭和 44 年から米の生産調整が開始されて、日本の稲作は転換期を迎えた。この稲作転換事業は、実施の内容を見るかぎり、米流通に対する政府の直接的な管理を縮小し、政府保有米の在庫を減らすという、価格政策本来の域に止っていたと言える。

それが土地利用面での規制を含む構造政策的な性格を帯びて来たのは、国際的な食糧需給の逼迫が予測され、資源としての農地の有効利用が言われるようになってからである。昭和 49 年からは休耕田への奨励金が打ち切りとなり、さらに 51 年度の水田利用総合対策事業以後は、生産調整の目標配分や補助金の交付が面積単位となった。続く 53 年度から長期計画として開始された水田利用再編対策事業、所謂「第二次減反」では、転作実績を重視する事によって転作の可能性に応じた目標面積の配分が図られ、さらに 56 年度からは転作圃場の連坦による団地化加算制度が採用されて、都道府県——市町村——集落——圃場といった地域的な階層構造を持つ土地利用計画の性格を一層強めた¹⁾。

しかしこのような「実績重視」、「面積当たり奨励金」の体系に問題がないわけではない。例えば面積当たり転作奨励金は市町村を単位とした水稲単収を基準として算定されているが、地域内の収量に著しい差がある場合は、低収量地区での超過達成によって、目標面積の配分が漸次引き上げられていく可能性を持っている。このような状況は、特に、安定多収が確立していない北海道や高位段丘面を抱える地域に見られる。そのような社会的背景をふまえて、生産力に基づく水田の土地分級に対する衛星リモートセンシング適用の可能性を検討するのが本稿の目的である。

II. 収量予測へのリモートセンシングの応用

衛星リモートセンシングの利点として考えられるのは、第一に広域のほぼ同時点の状況を同程度の精度で把握することができるという点、第二に観測周期が短く、比較的新しい情報を利用することができるという点である。さらに第三にはメッシュに準ずるデータとして、他の国

土情報との重ね合わせが容易な点を挙げることもできる。

農作物の収穫量予測にあたっては、リモートセンシングデータによって把握した作付け面積の情報と、気象データに基づいて予測した収量の情報を総合して、収穫量を予測するという方法もある。近年我が国でもアメダスデータの利用が可能となつて、メッシュ単位の生育予測モデルが発達したため（前重 1984）、この方法は実用的な面でも現実性を帯びて来た。

他方、作物のバイオマスを推定することによって、直接的に収量までも予測することも不可能ではない²⁾。ランドサット MSS データを利用した収量調査の例（深山・安田 1981、渡辺ほか 1981、深山ほか 1983、秋山ほか 1985）では、坪刈り等のグランドトルスを従属変数とし、各バンドのグレイレベルを独立変数とする、単収推定の重回帰モデルを作って、それを外挿するというものが多かった。この方法の場合、収量予測に適切な生育ステージのシーンを得られるとは限らない³⁾ため、リモートセンシングデータの解析はいわゆるリアルタイムな情報処理ではなく、冷害などの事後的な調査にとどまらざるを得ないが、作物栽培上の土地条件評価のデータとして考えた場合には利用価値が高い。

本稿で試みた方法は、これまでのように圃場調査の結果を利用するのではなく、農業センサスの集落調査による集落別水稲単収をもとに、低収量地区の水田と高収量地区の水田の判別関数を求め、それを地域全体に適用することによって、水田の分級を行なおうとするものである。この方法が適用できるのは作況が平年並みの年に限られるが、圃場調査によらない簡易的な方法として評価されよう。

III. ランドサットデータによる分類画像の作成

分類画像作成の前処理としては、先ず縞状ノイズを除去するための放射量補正を行なう。続いて地図情報との重ね合わせを可能にするため、UTM 座標上のメッシュで定めた規格に合わせて幾何補正を行なう必要がある。本報告ではレベルマッチング法による放射量補正（木村・田中 1980）を対なつた後、北西隅を $43^{\circ}03'N-141^{\circ}35'E$ として、UTM 座標の 50m メッシュデータの形に幾何補正を行なつた。その際、画像標定のための地上基準点には防風林の交点など 10 点を配置したが、誤差は標準偏差で ± 0.5 ピクセル以内におさまつた。座標変換式にはアフィン変換を用いて、最近隣法により内挿した。

分析に使用したデータは 1982 年 7 月 8 日のシーンである。対象地域とした北海道長沼町は石狩平野西南部に位置し、馬追丘陵の一部を占める東部以外の大部分は、夕張川と千歳川の後背湿地にあたる。農業生産の中心は稲作と麦作であり、1980 年センサスの結果では水稲 6244 ha、小麦 2105 ha が農作物収穫面積の大部分を占める（経営耕地総面積 10541 ha）。また麦類の 5 割近くは田に作付けられており、転作作物として生産されている。長沼付近ではこの時期は平年並みの生育を示す年には分蘖最盛期にあつており、収量構成要素では単位面積当たりの穂数が決まってくる時期である。北海道立農業試験場の資料（道立農試 1985）によれば、昭和 57 年の水稲の生育は平年並みで、7 月 8 日には幼穂形成を達成している。

農業分野でリモートセンシングを利用しようとする場合には、先ず問題とする農地のみを土地利用判別によって抽出する必要がある。周知の通り、リモートセンシングによって得られるデータは土地被覆状況であるため、ゴルフ場や山間部の伐採跡地、自然草地が畑や牧草地に判

第1表 土地被覆分類項目

1次区	2次分	備考
市街地		長沼町市街地
森	林	馬追丘陵森林
草	地	自然草地, 牧草地
畑	地	普通畑 (平地), 転換畑
水田	水田 A	低収量田 (単収 450 kg/10a 以下の地区の水田)
	水田 B	高収量田 (単収 500 kg/10a 以下の地区の水田)

第2表 判別に用いた変数

① Band 4
② Band 5
③ Band 6
④ Band 7
⑤ Band 7/Band 4
⑥ Band 6/Band 5
⑦ Band 7/Band 5
⑧ $(\text{Band } 7 - \text{Band } 5) / (\text{Band } 4 - \text{Band } 5)$
⑨ $\text{SQRT} ((\text{Band } 7 - \text{Band } 5) / (\text{Band } 7 + \text{Band } 5) + 0.5)$
⑩ $(\text{Band } 6 + \text{Band } 7) / (\text{Band } 4 + \text{Band } 5)$

別されるなどの可能性があって、分類項目の設定には十分な吟味を要する。しかしここで問題とする水稲作付地の場合は、一年のうち長期間湛水状態に置かれるので、どの季節のシーンでも判別は比較的容易である。

土地被覆分類には第1表に示した項目を設けた。水域はほとんど無いので無視している。この6項目について、昭和57年6月上旬に撮影された2万分の1の白黒空中写真を用いて、それぞれ50から100点のグランドトルスデータをUTM座標で拾い出した。

変数として採用したのはBand 4からBand 7までの各バンドとその比演算で、第2表に示した⁴⁾。変数⑥、⑦、⑨は植物生体量や葉面積指数を示す指標として多用されている。とくに⑨は⑦の変形であるが、バイオマスと線形な関係を持つと言われ、植生指数と呼ばれる。変数⑤は葉色の変化を示す指標として、また変数⑩は土壌有機物量を示す指標として有効であると言われる。変数⑧は分光反射特性が水型(長波長で低い)か、土壌・岩石型(短波長で低い)か、または植物型(赤色部で低い)かを表わすものとして採用した。

グランドトルスを上記の10変数で最短距離法によって判別した結果を第3表、第4表に示す。水田分級の判別の精度を上げるために、まず市街地、水田、畑、草地、森林の5グループに1次分類を行ってから、2次分類によって水田の分級を行なうという方法で、土地利用分

第3表 グラントルスの分類結果

グラントルス	サンプルの数	判別されたグループ (%)							精度
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	計	
1. 市街地	42	81	0	0	19	0	0	100	81
2. 森林	110	0	91	8	1	0	0	100	91
3. 草地	164	1	9	61	27	1	1	100	61
4. 畑地	139	3	1	8	6	36	46	100	71
5. 水田A	107	3	1	8	6	36	46	100	36
6. 水田B	92	1	0	0	9	20	70	100	70

第4表 2段階に分けた場合の判別結果

グラントルス	サンプルの数	判別されたグループ (%)								精度
		1.	2.	3.	4.	5.	①	②	計	
1. 市街地	42	81	0	2	19	0			100	81
2. 森林	110	0	91	9	0	0			100	91
3. 草地	164	1	9	61	27	2			100	61
4. 畑地	139	3	0	23	71	3			100	71
5. 水田	199	2	1	5	7	85			100	85
①水田A	107						59	41	100	59
②水田B	92						24	76	100	76

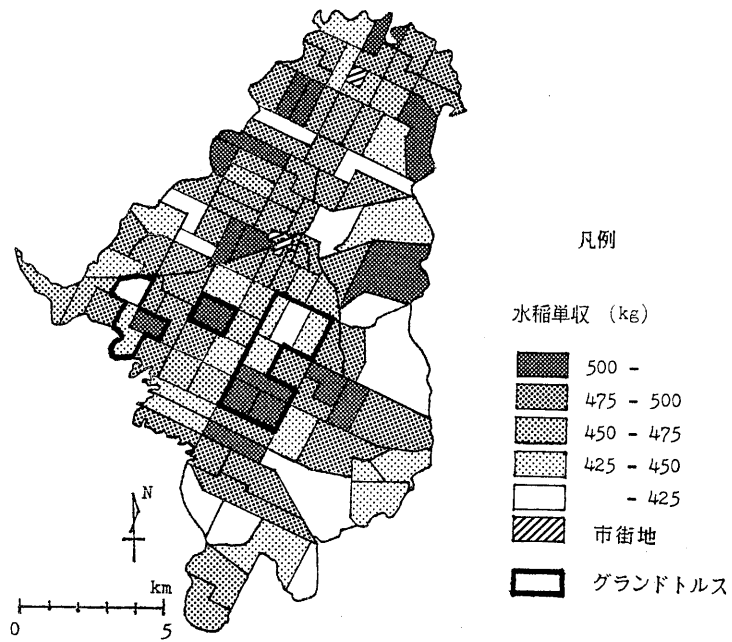
類を行なった。

最後に孤立的な点を除くため、マジョリティフィルターによる平滑化処理 (Schowengerdt 1983) を施して、最終的な分類画像を作成した。

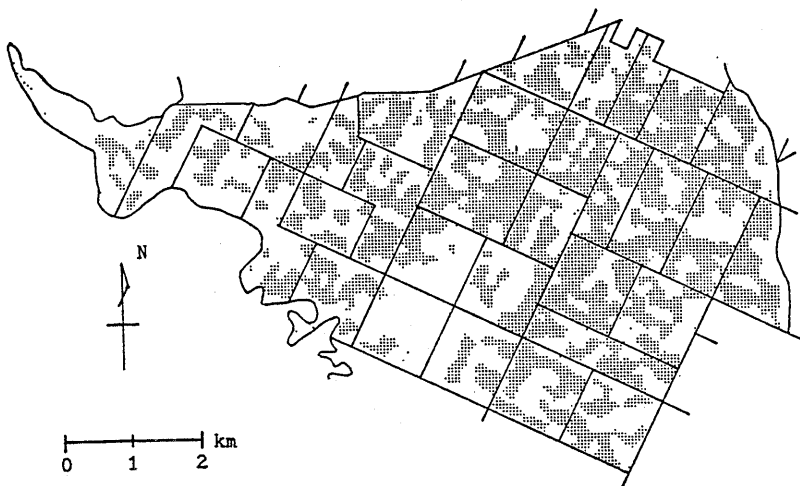
IV. 分類画像の評価と今後の課題

グラントルスの判別結果では草地と畑地で若干の誤判別が見られるが、これは畑地の中に牧草畑が含まれたためと思われる。また分類画像で確認すると、防風林が草地に誤判別されているなどの問題はあったが、水田の抽出については概ね満足できる結果となった(第2図)。空中写真から作成した第3図と比較すれば、水田、畑の分布の特徴は一致している。また集落別の水田面積では、空中写真から求めた面積との相関係数は0.91でかなり高く、集落の水田面積が平均60haであるのに対し、誤差の平均9ha(標準偏差7ha)程度の精度で一致した。

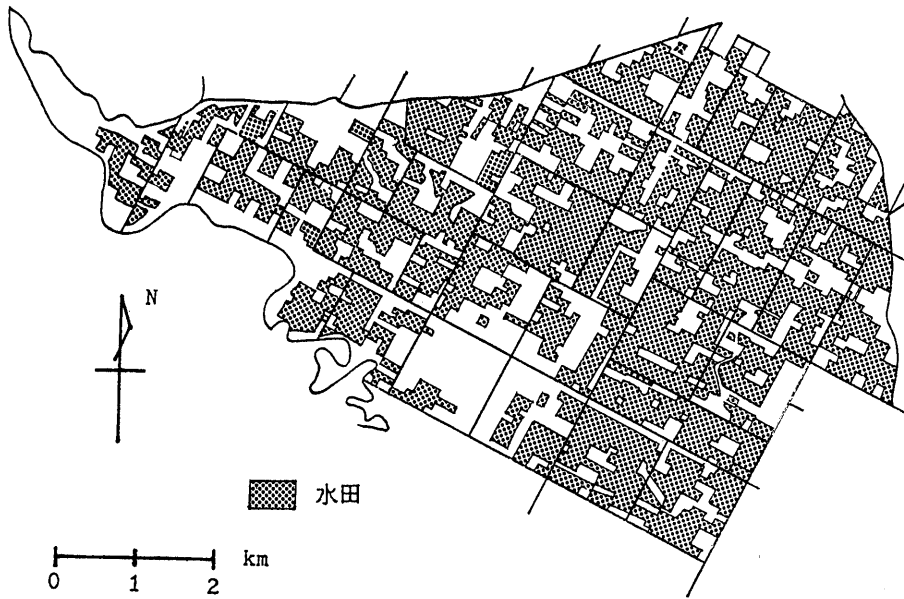
2次分類の結果は、低収量田を高収量田に誤判別する例が多いが、逆に高収量田を低収量田に誤判別する例は比較的少なく、低収量田の抽出に一応の成果があるものと思われる。ここで分類された低収量田の分布を見ると(第4図、第5図)、西部の一部および南部に多く、現地での認識やセンサスの結果と一致している。またこれを国土調査による土地分類基本調査図に照会したところ、両者の差は土壌に起因すると思われる。低収量田と判別された水田は低位泥炭



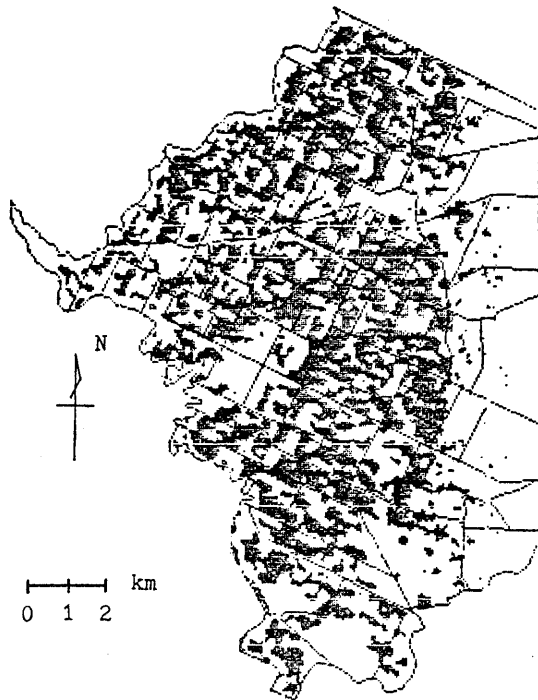
第1図 長沼町の集落別 10a 当たり水稲収量とグラントルスとした地区
(資料: 1980年農業センサス)



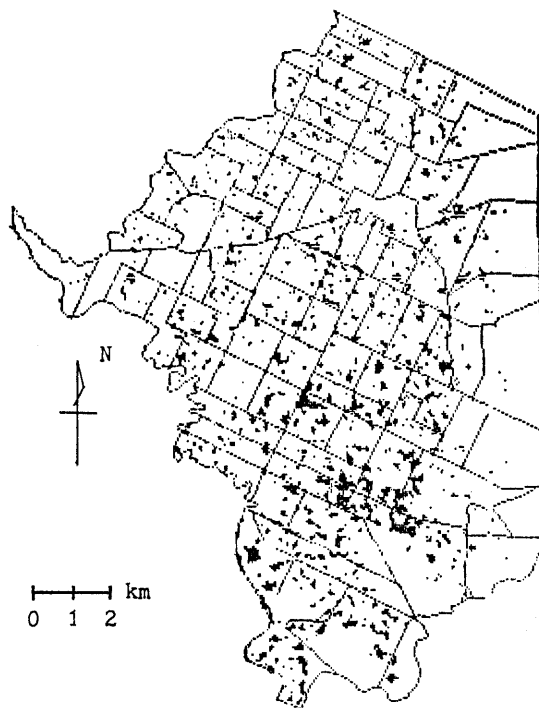
第2図 ランドサットデータから判別された水田の分布



第3図 空中写真から判別された水田の分布



第4図 ランドサットデータから判別された水田の分布



第5図 ランドサットデータから判別された低収量田の分布

土および火山放出物土壌の分布する地域に集中している。これらの土壌の分布する地域では、転換畑も多い。一方、生育が平年並みであったためか、防風林の効果は確認されなかった。

定量的な評価にリモートセンシングを利用することは難しいと言われるが、大まかな地域的傾向を把握することは比較的容易であり、周期的な観測によって土地利用変化に関する新たな要因分析の契機を見いだせる可能性は十分ある。米の生産過剰は構造的なもので、水稻の栽培地域は全国的に分布しているので、長期間にわたる広域の調査と対策が求められており、衛星リモートセンシング向けの課題と言えよう。

注

- 1) 現在の米の生産調整は予約限度数量と転作等目標面積の配分の二側面から行なわれ、両者とも政府による都道府県間調整、都道府県による市町村間調整、市町村による農業者間調整という段階を経て農家に割り当てられるのだが、農業者間調整は集落組織を通じて行なわれるのが普通である。
- 2) 但し、ランドサット MSS の 4 バンドが必ずしも植物の生体量推定に適切ではない（秋山・芝山 1985 など）といった指摘もある。
- 3) データカタログの整理の結果によれば、日本の場合、最も安定して画像が得られるのは 12 月から 2 月にかけての北海道東部と関東地方であり、逆に農作物の生育期にあたる 6 月から 9 月にかけては全国的に鮮明な画像を得にくい。
- 4) 変数の採用にあたっては、江森ほか (1979)、福原ほか (1979)、妹尾ほか (1983) を参考にした。

参考文献

- 1) 秋山 侃 (1980): ランドサット MSS データによる地表被覆物の解析, 草地試験場研究報告, 17, pp. 45-59.
- 2) 秋山 侃・芝山道郎 (1985): 農業用リモートセンサーの開発と利用, 日本リモートセンシング学会誌, 5 (1), pp. 77-84.
- 3) 秋山 侃・安田嘉純・江森康文 (1982): ランドサットデータによる土地利用分類と草地分級, 日本作物学会紀事, 51 (別号 1), pp. 35-36.
- 4) 秋山 侃・安田嘉純・江森康文 (1985): リモートセンシングによる草地の診断——ランドサット MSS データによる栃木県北部の土地利用分類——, 日本草地学会誌, 31 (1), pp. 88-96.
- 5) 秋山 侃・安田嘉純・江森康文・深山一弥 (1985): リモートセンシングによる草地の診断——ランドサット MSS データによる 1 番草収量の推定——, 日本草地学会誌, 31 (1), pp. 97-103.
- 6) 地球観測センター編 (1982): 地球観測データ利用ハンドブック, リモートセンシング技術センター, 178 p.
- 7) 江森康文ほか (1979): 畑地のリモートセンシングにおける計測と画像処理システムに関する研究, 農林水産省特別試験研究費補助金による研究報告書, 136 p.
- 8) 福原道一・林 成周・安田嘉純・江森康文・飯坂譲二 (1979): 土壌図作成のための前処理とチャンネルの選択, 日本写真測量学会秋季学術講演会, 講演要旨, pp. 103-106.
- 9) 深山一弥・佐藤 博・安田嘉純・江森康文 (1983): 農用地調査へのリモートセンシング技術の適用性に関する研究——ランドサット MSS データを用いた水稻冷害分布の調査法——, 農業土木学会論文集, 105, pp. 27-35.
- 10) 深山一弥・安田嘉純 (1981): ランドサットデータ利用による水稻冷害調査に関する研究, 日本写真測量学会秋季学術講演会, 講演要旨, pp. 29-32.
- 11) 北海道立中央農業試験場 (1985): 昭和 55 年から 58 年の 4 年連続異常気象と水稻生育の技術解析, 北海道立農業試験場資料, 17, 154 p.
- 12) HORD, R. M. (1982): Digital Image Processing of Remotely Sensed Data, Academic Press, 256 p.
- 13) 妹尾俊夫・岩浪英二・田中總太郎・杉村俊郎 (1983): 比演算を施した 2 季節のランドサット MSS データによる広域山地の林相区分, 日本リモートセンシング学会誌, 3 (3), pp. 55-64.
- 14) 神山啓治・宇田川武俊 (1981): ランドサットデータの農地情報への利用——麦作付け面積の推定——, 日本作物学会紀事, 50 (別号 2), pp. 225-226.
- 15) 木村 宏・田中總太郎 (1980): レベルマッチング法による Landsat MSS の 6 ディテクタ間のラジオメトリック調整, 写真測量とリモートセンシング, 19 (4), pp. 10-15.
- 16) LINGREN, D. T. (1985): Land use planning and remote sensing, Martinus Nijhoff Publishers, 176 p.
- 17) 前重道雄 (1984): 「全天候型イネづくり」初年目の成果, 農業および園芸, 59, pp. 1127-1135.
- 18) 宮坂 昭 (1984): 北海道の稲作, 農業および園芸, 59, pp. 197-203.
- 19) 日本リモートセンシング研究会編 (1981): 画像の処理と解析, 共立出版, 267 p.
- 20) 農林水産省農産園芸局農産課 (1984): 日本の稲作, 地球社, 464 p.
- 21) 斎藤元也・境 忍・秋元文重・山本 博 (1985): ランドサット MSS データからの土壌情報の抽出によるカラー合成と土壌水分変化の把握, 写真測量とリモートセンシング, 24 (1), pp. 4-12.
- 22) SCHOWENGERDT, R. A. (1983): Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing, Academic Press, 249 p.
- 23) 芝山道郎・渡辺利通・棟方 研 (1981): ランドサットデータによる農作物広域作況予測手法の開発——水稻作付エリアの推定の試み——, 日本作物学会紀事, 50 (別号 2), pp. 227-228.
- 24) 菅原 章 (1980): 水田転作の現状と地域性, 北海道農林研究, 58, pp. 1-13.
- 25) 和田 定・佐々木忠雄 (1984): 北海道の水稻冷害, 農業および園芸, 59, pp. 387-395, pp. 633-638.
- 26) 渡辺利通・芝山道郎・棟方 研 (1981): ランドサットデータによる農作物広域作況予測手法の開発——1980 年度冷害の被害程度の推定——, 日本作物学会紀事, 50 (別号 2), pp. 229-230.
- 27) 安田嘉純・江森康文・飯坂譲二・福原道一 (1980): ランドサット・データによる土壌図の作成, 写真測量とリモートセンシング, 19 (4), pp. 16-21.

Paddy Field Classification by Remote Sensing

Tetsuo SATOH

Classification of paddy field is one of noteworthy problems in connection with recent paddy conversion program. In this paper, the author tries to estimate productivity of paddy field by using LANDSAT MSS data of Naganumacho, Hokkaido in July 1982. As for ground truth data, Mean Paddy Yield by Village, which is provided by the 1980 Agricultural Census, and Aerial Photo taken in early June 1982, are used so as to distinguish between two types of paddy fields, each of which belongs to high or low paddy yielding area.

In this case, it seems successful to extract low yielding paddy fields, which is closely related with soil condition. Improving such method shown in this paper contributes to the analysis and planning of paddy conversion problems.

This paper is dedicated to Prof. Dr. Osamu Nishikawa in celebration of his sixtieth birthday.