

東京大学大学院新領域創成科学研究科
環境学専攻社会文化環境専攻

平成20年度
修士論文

バス交通再編による多心型地方都市像の研究
—長岡市を事例として—

Study on Vision of Multi-Centric Local City through Reorganizing Bus Transport System
-Case Study in Nagaoka City-

天野 裕
Amano,hiroshi

目次

第一章 序

- 1.1. 研究の目的
- 1.2. 論文の構成
 - 1.2.1. 人口縮小
 - 1.2.2. 環境問題
- 1.3. 都市が将来直面する課題
- 1.4. 地方都市での対応策
- 1.5. 対象地域

第二章 2050年の地方都市像

- 2.1. 地方都市の将来像＝中心市街地活性化か？
- 2.2. 都市の縮小パターン
 - 2.2.1. 単心型と多心型の縮小
 - 2.2.2. 縮小過程でのCO₂排出量の比較
- 2.3. 多心型都市の定義
- 2.4. 長岡市の現状

第三章 多心型都市におけるバス交通

- 3.1. 公共交通の意義
 - 3.1.1. セーフティネットとしての公共交通
 - 3.1.2. 自動車との安全性比較
 - 3.1.3. モーダルシフトによるCO₂削減効果
- 3.2. バス交通の有効性
 - 3.2.1. LRT・新交通システムとの比較
 - 3.2.2. ネットワークの可変性
- 3.3. まとめ

第四章 長岡市バス交通再編の提案

- 4.1. FIBERCITYの計画思想
- 4.2. バス交通再編の提案
 - 4.2.1. 提案概要
 - 4.2.2. 長岡市バス交通の現状

- 4.3. 提案1：多心型路線網
 - 4.3.1. 乗換ターミナル導入による路線網の再編
 - 4.3.2. ネットワークの分類
 - 4.3.3. 一般化費用によるネットワークの比較
 - 4.3.4. 多心型路線網の形成
- 4.4. 提案2：専用レーン付スリムバス路線
 - 4.4.1. スリムバス路線の意義
 - 4.4.2. 専用レーン付スリムバス路線の構成
 - 4.4.3. スリムバスの提案
- 4.5. 提案3：より機能的でプレゼンスの高いバス停
 - 4.5.1. バス停の現状
 - 4.5.2. バス停デザインの改善

第五章 バス交通再編による多心型縮小都市像

- 5.1. バス交通再編を活かしたコンパクトシティの可能性
 - 5.1.1. コンパクト化のインセンティブとして
 - 5.1.2. バス専用レーン設置パターンの検討
 - 5.1.3. 社会的費用の比較による妥当性の検証
- 5.2. 長岡市の多心型縮小都市像
 - 5.2.1. バス交通を軸にした都市像
 - 5.2.2. 人口密度・容積率の概算
- 5.3. まとめ

第六章 結論

- 6.1. 結論
- 6.2. 今後の課題

第一章 目的と背景

1.1 目的

本研究の目的は2050年の地方都市像として、バス交通の再編により郊外化した現状を活かした多心型コンパクトシティの可能性を検討することである。

日本の人口は21世紀半ばには9000万人まで減少するとされている。環境問題に対する危機感は日増しに強くなり、2050年までに日本を含むOECD加盟国の年間CO2排出量を50%～70%削減することが必要とも言われている。こうした課題の多くは個々の都市にその対処を委ねられているが、一般的に都市計画を構想し実現へと繋げるには数十年単位の期間を要するため、人口減少・環境問題に対する将来都市像の提示は急を要する課題と言える。

こうした中で近年都市域を限られたエリアに集中するコンパクトシティの考え方が注目を集めており、特に地方都市では中心市街地活性化と併せて政策に盛り込まれることが多くなっているが、コンパクトシティの考え方には適切な都市域のコンパクトさについては明確な解釈・実例を持っていないのが実情であり、現在の地方都市の郊外化という状況が持続可能な都市形成にとって望ましくないとは言い切れない状況のほうである。

しかし日本においては、こうした地方都市の中心市街地活性化に対する批判的な視点から具体的なコンパクトシティ像の可能性を提示した例はまだないといってよく、本研究の意義はこの点にあると考えている。

また環境問題や人口減少といった問題は、現代社会特有の多面性・複雑性を持った問題であるため、本研究では具体的な地方都市像を提示するに当たり、都市計画学・交通計画学・ネットワーク理論・経済学・建築学といった都市に関わる緒分野の学融合的なアプローチを試みた。その分諸問題に対する専門性・正確性は多々犠牲になっているが、多面性に向き合った都市像の提示ということを最優先のテーマとしている。

論文の構成

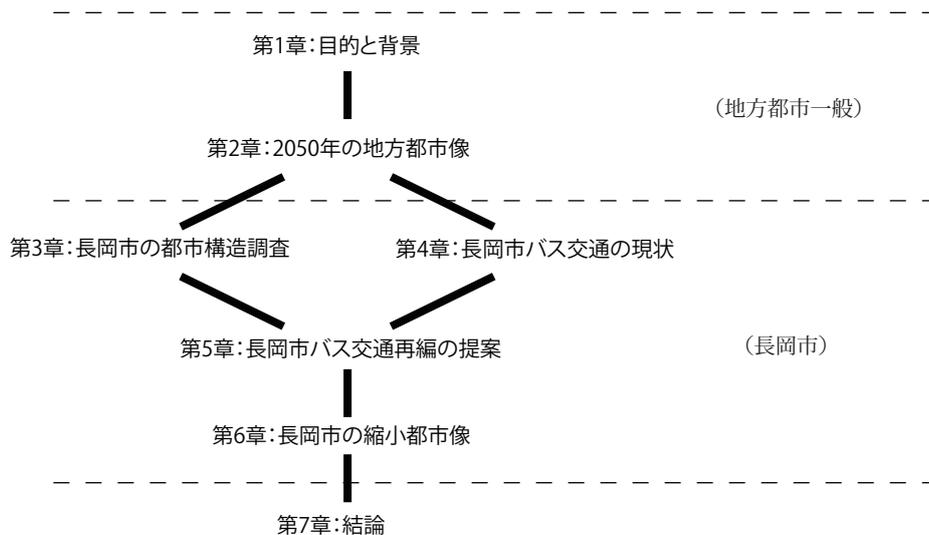


図 1-1. 論文構成

1.2 論文の構成

本論文は図 1-1 の構成になっている。

第1章では日本の都市が今後直面する人口減少と環境問題、そして地方都市が抱える中心市街地の空洞化という課題、そしてそれらの課題に対してなされている中心市街地活性化について説明する。

第2章では、地方都市は多心的な都市構造を持っていて、将来の縮小化に対しては公共交通、特にバス交通が重要であることを示す。そして現状はバス利用者が全国的に少なくなっているということから、本来バス交通がもっているはずの有用性を発揮するには今までなされて来なかったような抜本的な提案が必要であることを示す。

第3章では多心化した地方都市におけるバス交通の再編を考えるために、長岡市をケーススタディとした都市構造の調査を行う。

ここでは土地利用の分布と各種人口密度の分布、そして長岡市の人の流れから長岡市の都市構造が多心化しつつあることを確認する。

第4章では、長岡市のバス交通をバス停・路線網・バス車両といった視点から調査し、現状のバス交通が抱える駅前一極集中・バスレーンの確保できない道路事情・バス停スペースの乏しさといった課題を確認する。

第5章では、長岡市での調査・分析を受けて①多心的な極を乗換可能とした花卉状の路線網②乗換可能で機能的なバス停施設③輸送信頼性を向上させるバス専用レーン④バスレーン導入を容易にするスリムバス、という4つのバス交通再編の提案を行い、その有効性を検証する。

第6章では、バス交通再編が導入されてコンパクト化のインセンティブとして機能した場合の2050年像を試算する。ここでは建物寿命に伴う自発的な住み換えと人口縮小によって、多心型のコンパクトシティ形成の可能性を試算する。

第7章では、第1章から第6章までの議論を受けて、長岡市において今回提案するバス交通再編が長岡市の将来の人口縮小・低炭素化に対して有効な戦略であり多心型のコンパクトシティ化にも十分に検討する異議のあることを示し、同じことは地方都市一般について言えることを結論する。

1.3 対象地域

本研究では地方都市一般の状況を取り上げてその将来像について考察すると共に、ケーススタディとして新潟県長岡市において具体的な調査・分析・提案を行う。また本研究では人口の大半を擁し、比較的自立した領域を形成する長岡地域（平成12年合併以前の旧長岡市）を1つの都市の単位として特に注目して取り扱っている。1.4

1.4 地方都市の定義

”地方都市”という用語に厳密な定義はない。本研究では”地方都市”を三大都市圏以外の比較的自立した生活圏を持つ都市という意味で考える。仮に比較的自立した都市の基準を人口10万人以上の市区町村とした場合、全国市区町村について、(1)三大都市圏内(2)三大都市圏以外で人口10万人以上(3)それ以外、に分けて分布を示したものが図1-2である。ここから、人口10万人以上の地方都市人口は日本全体の3割を占め、三大都市圏に次ぐ大きな人口構造をなしているということがわかる。またこれらの地方都市は日本全国に分散しており、三大都市圏外の各地域の骨格となっていると考えられる。

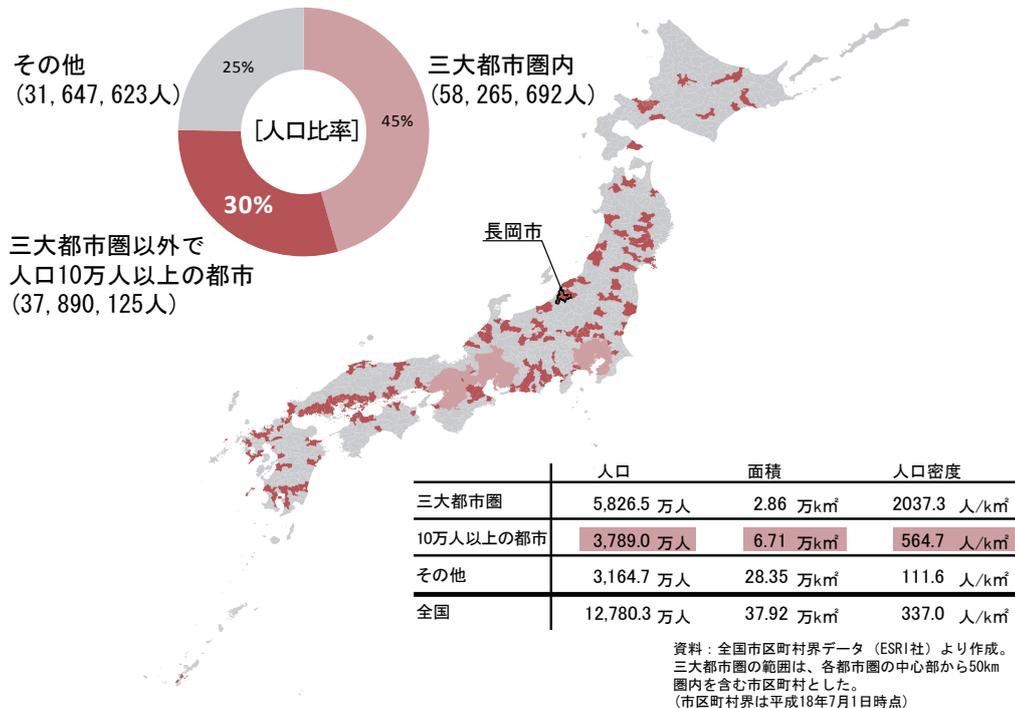


図1-2. 地方都市の分布

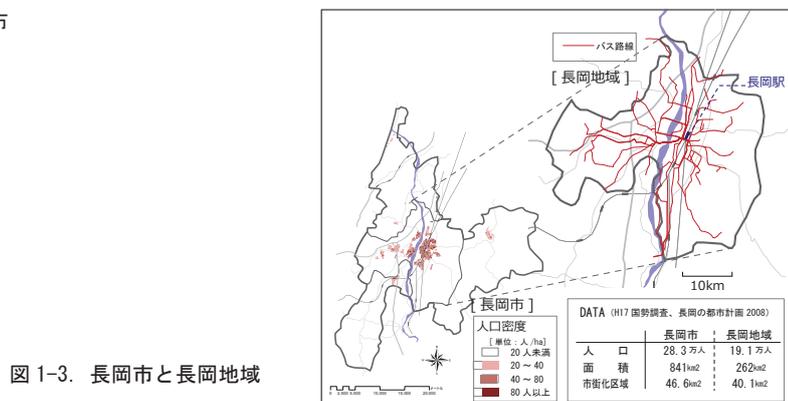


図1-3. 長岡市と長岡地域

1.4 背景

都市が将来直面する課題

(人口縮小)

日本の人口は2005年を境に減少に転じ、2050年までに2000年時点の3/4程度になると考えられている。(図1-4) また少子化による人口減少のため、2050年時点の65歳以上の高齢者は全人口の1/3となり、従属人口は2000年の46.9%から2050年に66.5%に増加する。

大都市と比べ人口規模の小さい地方都市では、こうした人口減少の影響として、(1)人口密度減による都市機能の低下(2)従属人口増による財政負担の増加、といった深刻な問題が起きると考えられる。

(環境問題)

IPCC第4次評価報告書では、地球温暖化は人為起源による温室効果ガスの排出によってもたらされた可能性が非常に高いとされており、2050年までに地球上の温室効果ガス排出量を半減させなければ気温上昇は+2度を越え、深刻な気候変動を招くとされている(図1-4)。とくに温室効果ガス排出量が多いOECD加盟国では70~80%程度の削減が必要という考え方もあり、国立環境研究所では2050年までに日本のCO2排出量を70%削減に向けた「低炭素社会に向けた12の方策」(2008年)などの提言を行っている。

こうした状況から、今後の都市計画ではエネルギーの効率的な利用ということが重要なテーマになっており、2008年には「低炭素社会」の実現を目指した「環境モデル都市」の公募が政府からなされ、82都市の提案を集めている。

また都市計画の理念として、「コンパクトシティ」という考え方が近年注目を集めている。これは都市機能を小さなスケールに集積させることでエネルギーの効率的利用と歩いて暮らせるまちづくりを目指したもので、日本では後述する地方都市の中心市街地空洞化への方策という意味合いも兼ねていることが多い。

地方都市が抱える課題

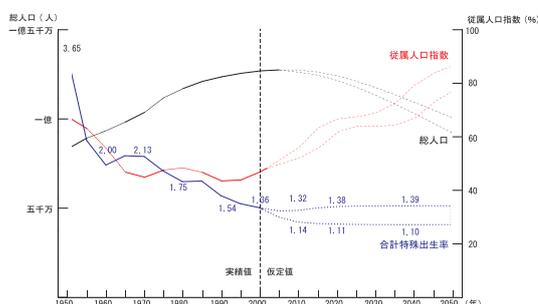
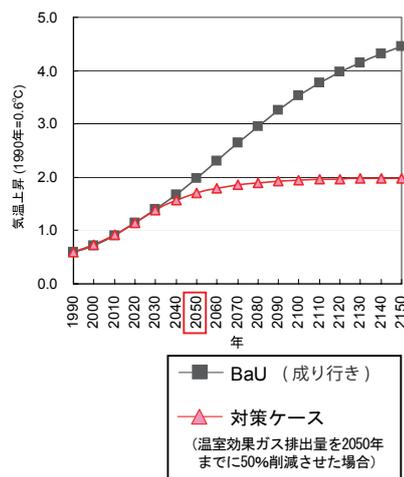


図1-4. 日本の人口推計



(環境省資料より作成)

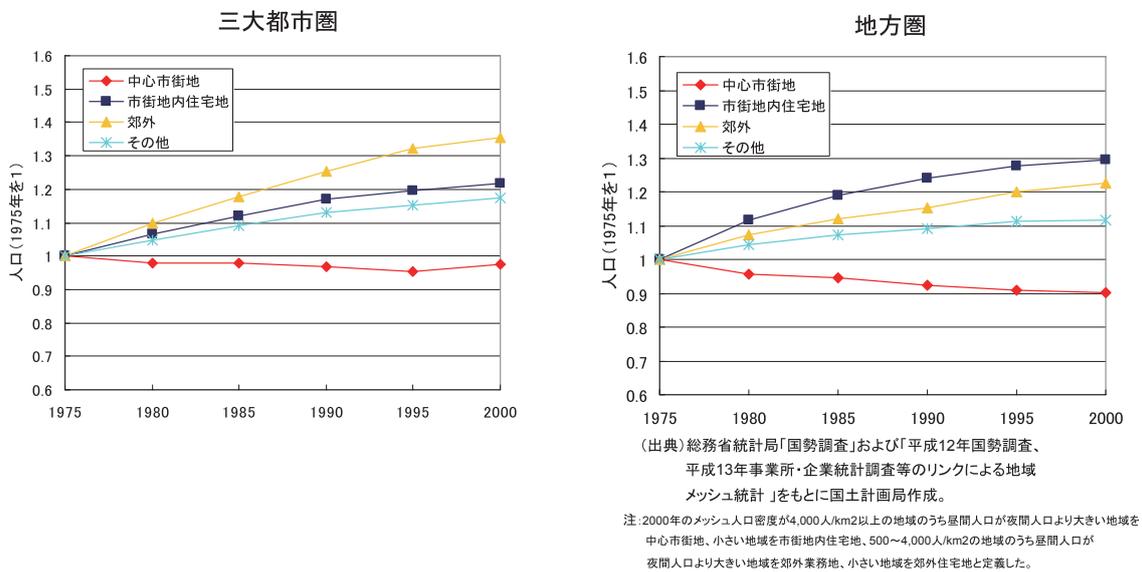
図1-5. 地球温暖化と温室効果ガスの関係

1.5 中心市街地の空洞化

地方都市が抱える問題として象徴的なものが中心市街地の空洞化である。日本の都市は高度成長期から拡大を続け、郊外開発がすすめられてきたが、図 1-6 に示すように特に地方圏において、郊外部・市街地の住宅地の人口が大きく増加する一方で中心市街地の人口は 25 年で約 1 割減少している。

これは自家用車の普及と郊外への大規模店舗の出店が相俟って、道路事情が良くなり土地が細分化した中心市街地から郊外住宅地へと人口が流出したことが大きな要因であると考えられている。

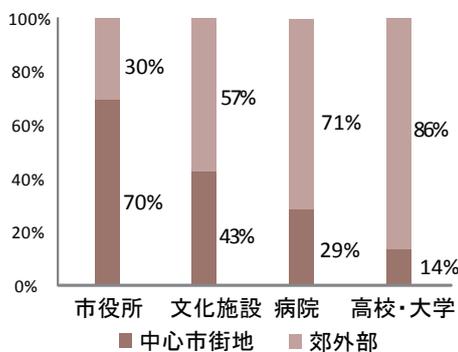
人口流出による中心市街地の空洞化は、「シャッター街」のような商店街の活気の低下として現れ、そしてそれがさらに中心市街地の敬遠に繋がるという悪循環をも生みだしている。



(国土計画局 HP より)

図 1-6. 中心市街地の空洞化

地域別立地状況 (平成16年)



中心市街地から郊外部への移転件数の推移 (単位: 件数)

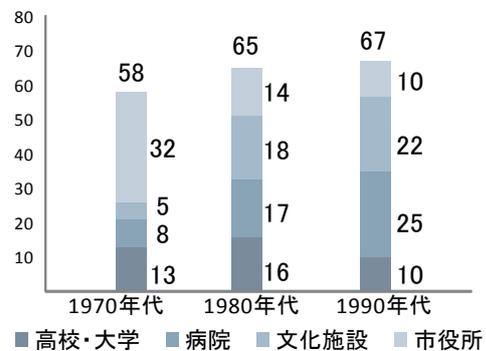


図 1-7. 都市機能の郊外移転状況

1.6 地方都市での対応策

中心市街地活性化法

こうした状況を受けて制定されたのが中心市街地活性化法である。中心市街地活性化法は都市計画法・大規模店舗立地法とともにまちづくり3法を構成する法律の一つで、空洞化した中心市街地の活性化事業を支援する法律である。

本論文でケーススタディした長岡市を含め、2008年12月までに66市が中心市街地活性化法の適用を受けている。

また2006年の都市計画法の改正は郊外部の大規模小売店舗の出店規制を強化する内容となっている。こうしたことから、地方都市では郊外部への都市機能の流出を防ぎ、中心市街地に居住・商業・業務機能の集積を促進するという大きな流れがある。

また同法適用の人口20万人以上の都市を調査した糸井（2003, 日本大学）によれば、39事例すべてが中心市街地は鉄道駅を含んでいるとしている。これは中心市街地＝駅前地区ということであり、中心市街地の衰退は駅前地区の衰退ということになる。

コンパクトシティ

都市計画の理念として近年注目を集めているのが「コンパクトシティ」という考え方である。これは都市機能を小さなスケールに集積させることでエネルギーの効率的利用と歩いて暮らせるまちづくりを目指したもので、主にEU諸国において持続可能な発展を目指す政策に用いられている。

コンパクトシティの理念は、中心市街地の活性化に加えて前述の人口減少・環境問題への方策も与えるため、日本においてはコンパクトシティと中心市街地活性化は対になって取り扱われていることが多い。

例えばコンパクトシティへの取り組みで有名な青森市においても中心市街地の空洞化という問題を抱えている。

1.7 背景まとめ

本章では日本の都市が今後直面する課題と、地方都市が現状抱える課題、そしてそれらの課題に対してどういった方策がなされているかという一般的な状況を説明した。

こうした問題に対する地方都市の都市政策としては中心市街地に都市機能を集積させたコンパクトシティを目指すことが主流と言える。

これには主に2つの側面があり、1つは中心市街地経済の活況を取り戻すことであり、もう一つは都市スケールを小さくすることでエネルギー利用の効率化を図るということである。

つまり一旦は都市開発によって広がった郊外を否定して、かつての中心部へと回帰しようという政策と言える。

第二章 2050年の縮小都市像

2.1 2050年の地方都市像

本章では、中心市街地の活性化を進める地方都市政策に疑問を呈し、むしろ郊外化した現状を活かした都市の在り方に将来の可能性を示し、そうした都市においてバス交通が戦略上有利であることを示す。

2.1.1 「地方都市の将来像」＝「中心市街地活性化」か？

EU 起源のコンパクトシティを日本に紹介した海道は、日本型のコンパクトシティの在り方として次の点を批判的視点として検討すべきとしている。

- 1、中心市街地の人口が減少しても、過密の緩和になっているだけで特に問題はない。
- 2、コンパクトシティ政策が進められると中心市街地に整備事業が集中してそれ以外の地域は置き去りにされる。
- 3、日本の住宅地はアメリカと比べて十分にコンパクトである過密、過小な空を防ぐため、最低敷地規模を規制しているのが実情である。

としており、このことから導かれる地方都市の現状への批判的な視点は以下のようになる。

1. 地方の経済疲弊の原因が郊外化にあったとして、今後の対策として一旦郊外化した都市構造を否定することが得策とは限らない。
2. むしろ、人口密度の適正化に向けて都市構造が郊外に広がり都市の中心が中心市街地から周縁部へと広がっているのにも関わらず、中心市街地活性化を前提とした都市政策を行えば今度は郊外の疲弊を生んでしまうのではないか？
3. したがって、地方都市におけるコンパクトシティ化の中心は中心市街地ではなく、より広い範囲でその中心を設定すべきではないか？

ということが考えられる。この根拠としては

根拠1：公共交通は駅前中心だが、駅自体の集客力が落ちている現状に適応していない。

根拠2：都市構造は周縁へと広がっているのに中心部への機能移転を測ればさらなる経済負担がかかる。

根拠3：そしてそうした駅前回帰への新規開発は実は環境的にもあまり良くない。

といったことが挙げられる。根拠3については、大野研究室の伊藤が修士論文(2008)において駅前中心の単心型コンパクトシティ形成には大量のストック開発によるCO2排出がともなうため、現状の多心的な都市構造を活かしたコンパクト化を目指した場合に比べ、50年程度の単位で見ればCO2排出量は大きくなる、ということを長岡市におけるケーススタディで示している。

2.1.2 多心型の縮小都市像

ここで多心型と単心型の都市について紹介すると本研究で考える多心型都市構造のイメージは図 2-1 のようになる。

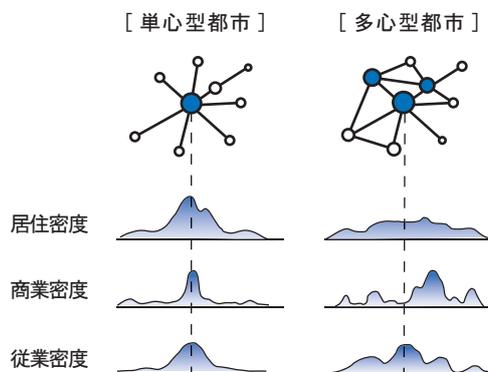


図 2-1. 単心型都市と多心型都市

多心型都市の特徴としては

1. 低密な住宅地
2. 分散した都市機能

といったことが挙げられる。

中心市街地活性化のみによらない多心型の縮小とはどういったものになるか、ここでその方針を挙げると

1. 市域はこれ以上拡大させない。
2. 現状の人の流れに合わせた交通インフラの整備。

ということが重要であると考えられる。

2.4 公共交通の重要性

こうした多心型の都市構造の場合、分散した広い範囲での移動が増え、自動車利用者の増加に対する懸念が考えられる。実際地方都市ではバスなどのローカルな公共交通の利用者は年々減少し、公共負担としても大きなものとなっている。しかしそうした状況だからこそ、公共交通のより一層の充実が重要であるというのが本節での主張である。

その根拠について経済面・環境面・安全面・セーフティネットという観点から以下に説明する。

経済面

地方部においては大都市と比べ自動車の利用者が多い。低密で都市機能が分散した所では移動の自由度が高い自動車利用の便益が大きくなるためである。

ただでさえ利用者が少なく公共負担が大きい公共交通の充実を図る場合、投資効果への

疑問が挙げられる。

しかし社会的費用という視点から考えると、公共交通への公共負担はむしろ少なすぎるということがいえる。

社会的費用とは「第三者あるいは社会全体に及ぼす悪影響のうち、発生者が負担していない部分を何らかの方法で計測して集計した額」のことであり、日本では宇沢弘文をはじめとして様々な方法で試算されている。

一例として上岡直見の試算によると、自動車 1km の走行により発生する社会的費用も含めた総費用は 146 円となり、その内ユーザーが負担しているのは 46 円となっていて残りの 100 円は何らかの形で非ユーザーの経済負担となっている。また社会的費用はその算定の仕方によって結果となる数値に違いが生じるが、最近ではそうした数値の開きは収束しつつあるという。このことから自動車による移動には強力なインセンティブが掛かっていると考えられる。

現状の長岡市を例にとって考えてみよう。現状のバスの交通手段分担率は約 3% である。兒山らの算定では、自動車とバスの輸送量当たりの社会的費用をそれぞれ 19.7 円 / 人 km、8.2 円 / km としている。仮に現状のバスによるトリップ 3% 中の 1% が全て自動車に置き換わったとすると、バスによる一回当たりの平均トリップ長 10km (H13 新都市 OD より算出 (**参照)) として年間で 6700 万円の社会的費用が発生することになる。つまり現状の長岡のバス交通は社会的費用の削減に年間約 2 億円の貢献をしていることになる。H15 の長岡市のバス交通に対する補助金額は約 8 千万円であるから、社会的費用の観点から言えば現状の公共交通への投資額は少なすぎるというよい程であるといえる。

1. 輸送量あたりの社会的費用

	輸送量あたり	
自動車	19.7 円/人km	
バス	8.2 円/人km	→ 1人km当りの社会的費用差額
		11.5 円/人km

資料: 兒山真也・岸本充生「日本における自動車交通の外部費用の概算」『運輸政策研究』4巻2号、2001年、19ページ

2. バスによる年間輸送距離の算定

年間輸送距離	17,557,863 人km	
バスによる交通手段分担率	3%	→ 分担率1%当たりの輸送量
		5,852,621 km/人

年間輸送距離: 表定速度17.6km/hとしてH13長岡都市圏新都市OD調査より推定

3. 自動車からバスへのモーダルシフト 1% 当たりの年間社会的費用節減額

$$11.5 \text{ 円/人km} \quad \times \quad 5,852,621 \text{ 人km} \quad = \quad 67,305,140 \text{ 円}$$

図 2-2. 社会的費用の比較

環境面

環境自治体会議の試算によると全国でのCO2排出量のうち旅客交通の占める割合は約12%であり、民生業務部門に次ぐ大きな排出源となっている。交通手段の内でも自家用車は1回の乗車人数が少ないため公共交通に比較してエネルギー効率が低い交通手段であるため環境面から見ても公共交通促進の意義があるといえる。

安全面

年々自動車による事故死者は減ってきているが、それでもなお自動車によって年間で約五千人の死者を出している。「交通安全白書」によれば平成19年の事故発生件数は83万2454件あり、鉄道による運転事故件数の793件を大きく引き離してもっとも事故リスクの高い交通手段といえる。また図**からわかるように自動車交通による死亡事故件数はむしろ増加傾向とも言える。さらに自動車事故による死者の割合は65歳以上の高齢者が47.5%と非常に多くなっている。こうしたことから、公共交通へのシフトが今後の高齢社会での安全性を確保する上で大きな意義があるといえる。

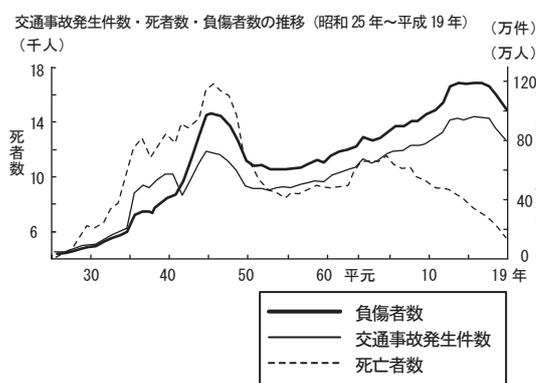


図 2-3. 事故発生件数

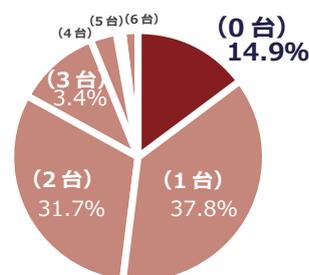


図 2-4. 自動車保有台数別世帯数 (長岡市)

セーフティネットとしての公共交通の必要性

さらに公共交通には自動車を持たない人へのセーフティネットとして、モビリティを供給する役割がある。実際自動車社会である旧長岡市においても自動車非保有世帯は全体の15%に相当している(図2-4)。

今後高齢化によって自らの運転が困難になる人が増えてくればこうしたセーフティネットとしての機能はますます重要になると考えられる。

まとめ

以上のことから、経済・環境・安全・セーフティネットといった点から公共交通の強化は今後の地方都市の都市計画にとって検討に値する有意義なものであると言えるだろう。なおここでは自動車交通との比較をメインにしているが、それは自動車交通が地方都市において生活の根幹を担うほど重要な存在となっているからである。自動車に対する批判的な分析は自動車という存在の否定を意味しているわけではない。ここでの目的は両者の効用を適切に評価し、自動車と公共交通の適正なバランス点からみると現状は自動車利用に偏りすぎていると指摘することである。

バス交通の有効性

2.2 では地方都市の将来計画にとって公共交通の強化が重要になることを考察した。

本節では強化する公共交通の種類としてバス交通が有利であることを他のローカル公共交通システムである LRT・AGT との比較から検証する。

LRT・新交通システムについて

(LRT) LRT (Light Rail Transit) は軽量軌道交通のことで日本の路面電車もこれに当たる。富山市の鉄道跡地の LRT 導入実績などが注目されている。国交省でも LRT 導入を推奨している。特徴としては専用軌道を有することによる (1) 信頼性の高い運行性能 (2) 低床化 が挙げられる。

(AGT) AGT(Automated Guideway Transit) は案内軌条式鉄道的一种で鉄道よりも車体・軌道ともに軽量化した新交通システムである。特徴としては (1) 高速輸送が可能 (2) 自動運行が可能という特徴を持ち、ニュータウン建設や大都市での交通空白地へと導入実績を持っている。

コスト面からの比較

コスト面でいえば軌道建設の不要なバス交通は圧倒的に有利である。図**からわかるように km 当りの建設コストは AGT で 70 ~ 120 億円、LRT では 10 ~ 20 億円となる。当然ランニングコストもこれに比例して大きくなる。地方都市の財政状況から見れば LRT・AGT ともに大きな負担となってしまう。

ネットワークの可変性

バス交通は LRT・AGT に比べルートの組み換えが容易である。新規ルートもバス停設置のみで対応可能であり、ネットワークのフレキシビリティは非常に高いと言える。かつての地方都市の路面電車やローカル鉄道が廃止に追い込まれたのは郊外化による都市構造の変化に対応できなかったためである。もしまたネットワークが固定される LRT や AGT を建設した場合には、長期的には同様のリスクを負うことになると思われる。

信頼性

上記のようにコスト・フレキシビリティといった点で明らかにバス交通が有利なのは明白であるが、国交省などでなお LRT が推奨される理由としては交通の信頼性が挙げられている。バスは一般車両を通行するため渋滞など道路事情による遅延が生じやすい。またそのために平均速度も遅くなってしまうのに対し、LRT・AGT では専用軌道のため定時運行ができ、速度も出しやすい、ということである。

しかしこれについては、そもそも道路スペースを専有して自動車交通を排しているという点で比較の土台が不公平である。実際バスにおいても、専用のレーンによって自動車の進入を規制した BRT (Bus Rapid Transit) などのシステムでも定時運行による高速輸送において一定の性能を有している。しかもバスレーンはスペースの確保だけで軌道建設は不要のため低コストで、ネットワークの可変性についても LRT・AGT に比べ優位である。ま

たBRTの導入実績としてはクリチバ市、ボゴタ市などがあり、大きな成果を上げていることで知られている。

輸送量

同様にLRTが推奨される理由として、LRT・AGTの輸送量での優位性が挙げられている。こうした例として、路線バスの場合、平日朝は都心部において混雑になることが指摘されている。しかしこの点についても専用ルートを有するという点で比較の土台が不平等な比較となっている。BRTの場合、専用レーンによる高速輸送と接続バスの導入により、輸送量を大きくすることが可能といわれている。

以上の考察から、バス交通はLRT・AGTなどの公共交通機関と比べて、低廉なコストとフレキシブルなネットワークの点で非常に有利であり、信頼性・輸送量の問題についても専用レーンを導入することにより解決可能であると言える。

まとめ

第2章では地方都市一般の将来対策について取り扱った。そのポイントをまとめると以下ようになる。

- (1) 将来の縮小化・高齢人口の増加に対して都市サイズの適正な縮小＝コンパクト化が必要である。
- (2) しかし現在の地方都市における中心市街地活性化を軸とした都市機能強化は、一旦郊外へと多心的に広がった都市構造の否定につながり、環境面・経済面からみても適切とはいえない。
- (3) むしろ多心的な都市機能を活かしたコンパクト化の方が将来の地方都市像として有益である可能性が高い。
- (4) こうした地方都市の将来方策として公共交通、特にバス交通の強化が有効であり、コンパクト化への誘因要素となり得る。

多心型コンパクトシティを形成する上で、バス交通の強化・再編は有効な戦略であることが示された上で、次章からは長岡市をケーススタディとして現状を分析し、具体的なバス交通再編の提案と、それによる多心型コンパクトシティ形成の可能性を議論する。

第三章 長岡市の現状調査

本章では長岡市バス交通再編の提案に先立って、長岡市、特に長岡地域の現状を人口分布・主要施設の配置・人の流れから調査し、長岡の多心構造を考察する。

長岡市と長岡地域

長岡市は平成12年以降合併を繰り返しており、様々な都市の複合体となっている。このうち主要な都市域となっているのが旧長岡市の長岡地域であり、長岡市の人口の約68%の19.1万人が長岡市全体面積の31%に当たる262km²の範囲に居住している。

本研究では長岡市における長岡地域を一つの都市単位として考える。

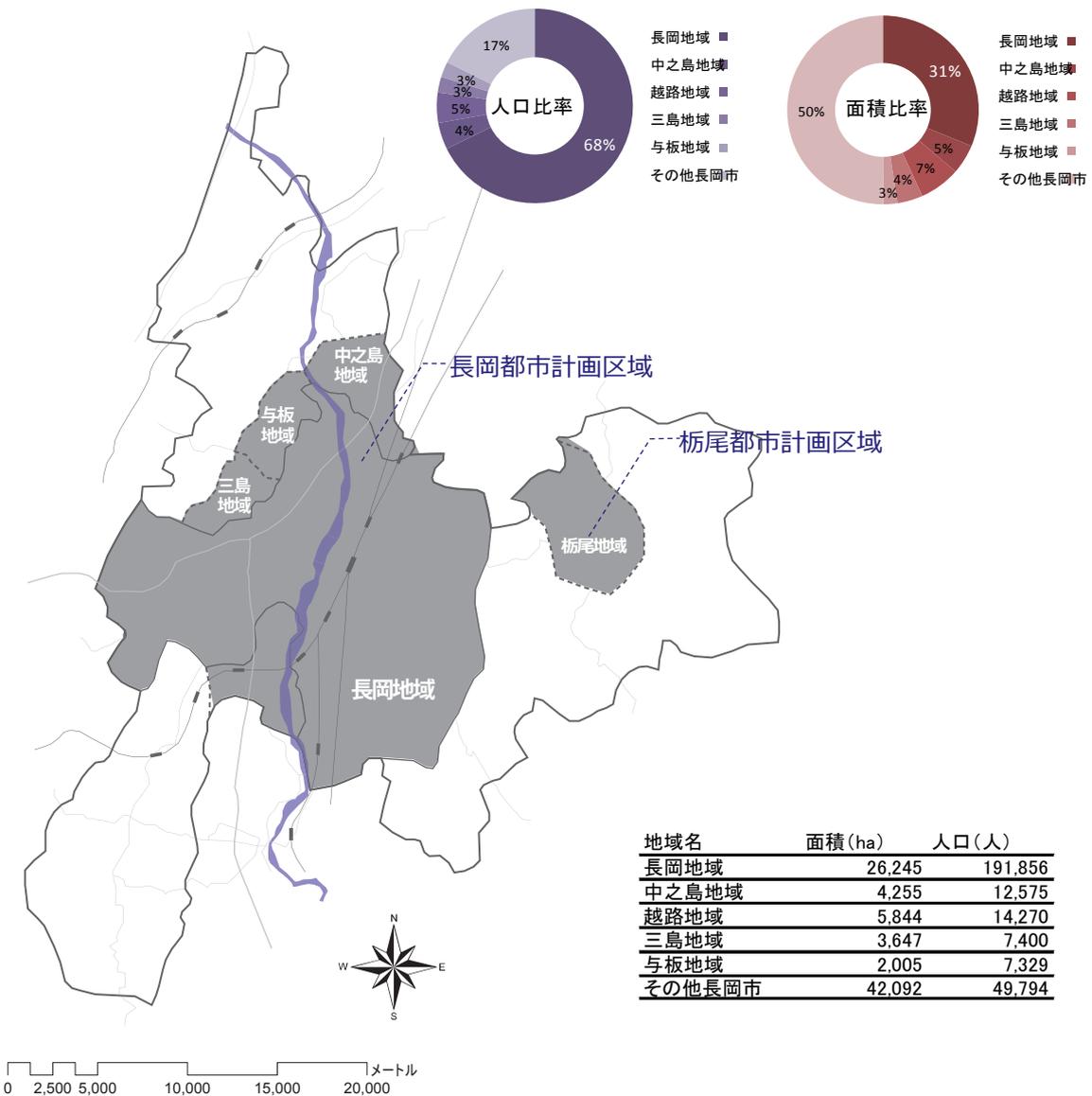


図 3-1. 長岡市概要

長岡地域の概要

長岡地域の地理的な概要を示すと、南北に流れる信濃川が大きく東西を分割し、東西に市域が広がっている。(図 3-2) 古くからの長岡地域の中心部はかつては長岡城があった川東の長岡駅付近であり、この周囲に碁盤目状の都市域が広がっていた。戦後に都市開発により(図 3-3) 周辺部へと都市域が拡大し、西側の北陸自動車道建設やニュータウン建設が行われている。またインターチェンジ付近には新産業センター地区という新しい業務地区が形成され、近年では川西の千秋が原地区において文化施設やショッピングセンター、中央病院など大型施設が建設されている。

以下では長岡地域の都市構造について(1)土地利用の現況(2)人口密度分布(3)主要施設の立地(4)人の流れ、の4つの観点から考察する。

(1)土地利用については土地利用現況図(H13)を用いて長岡地域の都市機能の分布を考察し(2)人口密度分布では居住人口密度から長岡地域の都市域の分布と、従業者人口密度による業務集積値の推定を行う。

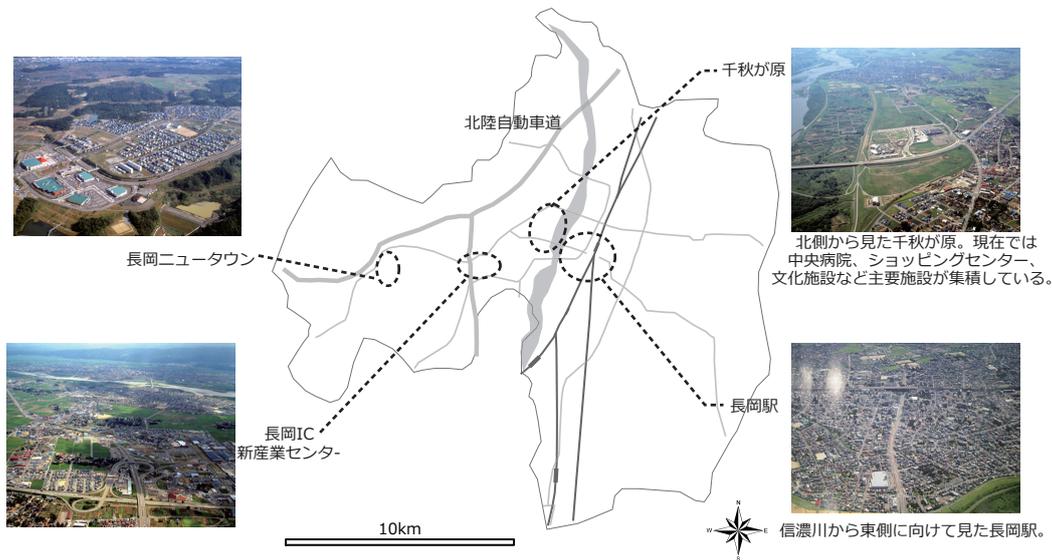


図 3-2. 長岡市概要その 2

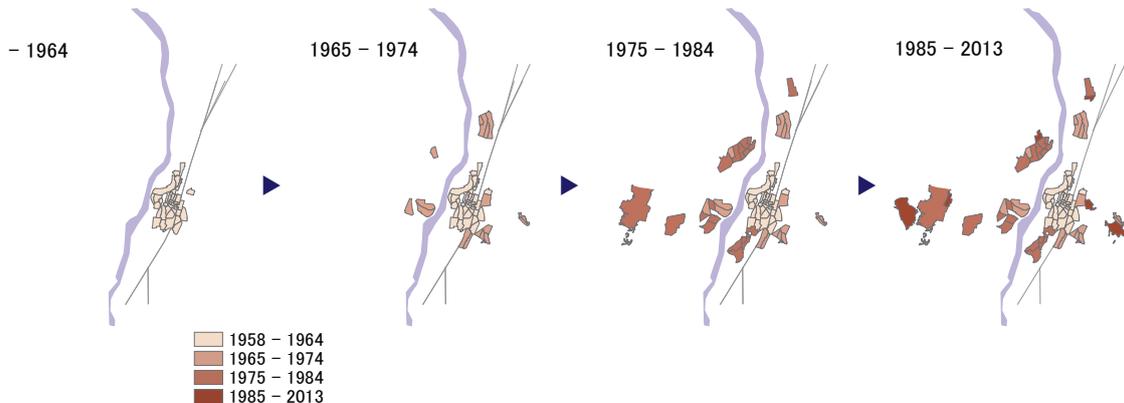


図 3-3. 長岡市都市開発履歴

土地利用の現状

長岡地域の土地利用の現状は図 3-4 のようになる。

ここからわかる状況として、

前述のように現状の市域は信濃川を挟んで東西に広がっていて、周囲を水田、山林の順に取り囲んでいること

また幹線道路に沿って水田が宅地開発されたと思われる地域の散在

幹線道路沿いでの商業集積

南北に工業用地の集積

長岡駅付近の土地利用が周囲の郊外部と比較してかなり細分化されていること

といったことがわかる。各土地利用毎の分布を次ページ図 3-5 にまとめた。

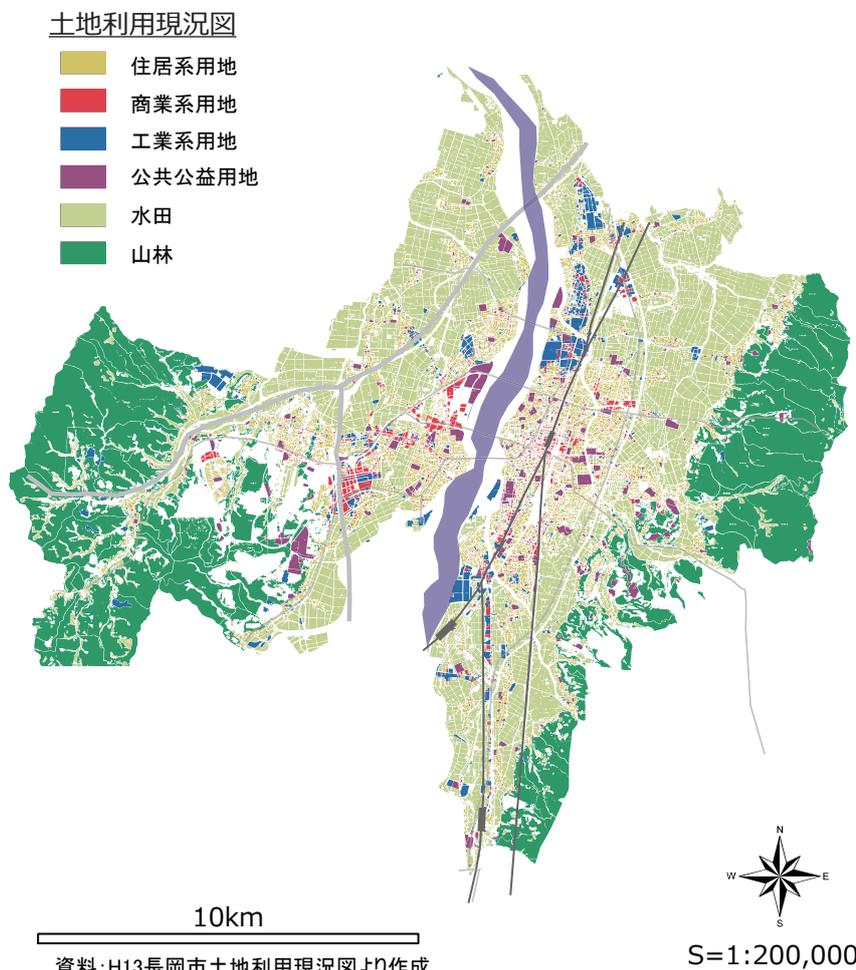


図 3-4. 長岡地域土地利用現況図

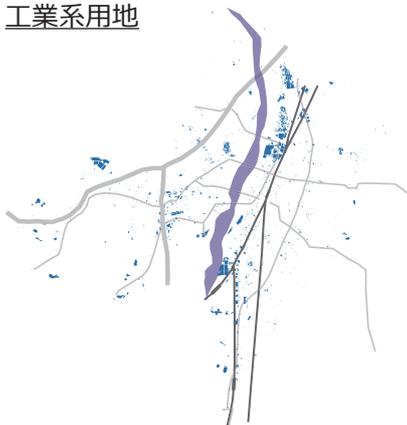
住居系用地



商業系用地



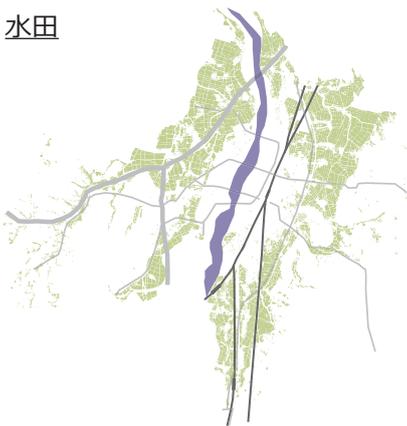
工業系用地



公共公益用地



水田



山林

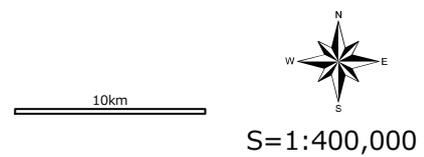
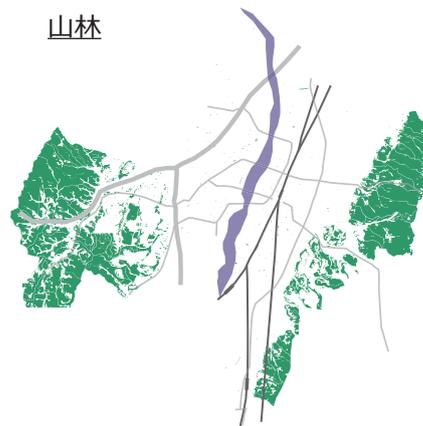


図 3-5. 長岡地域土地利用現況図 (種目別)

人口分布

住居系

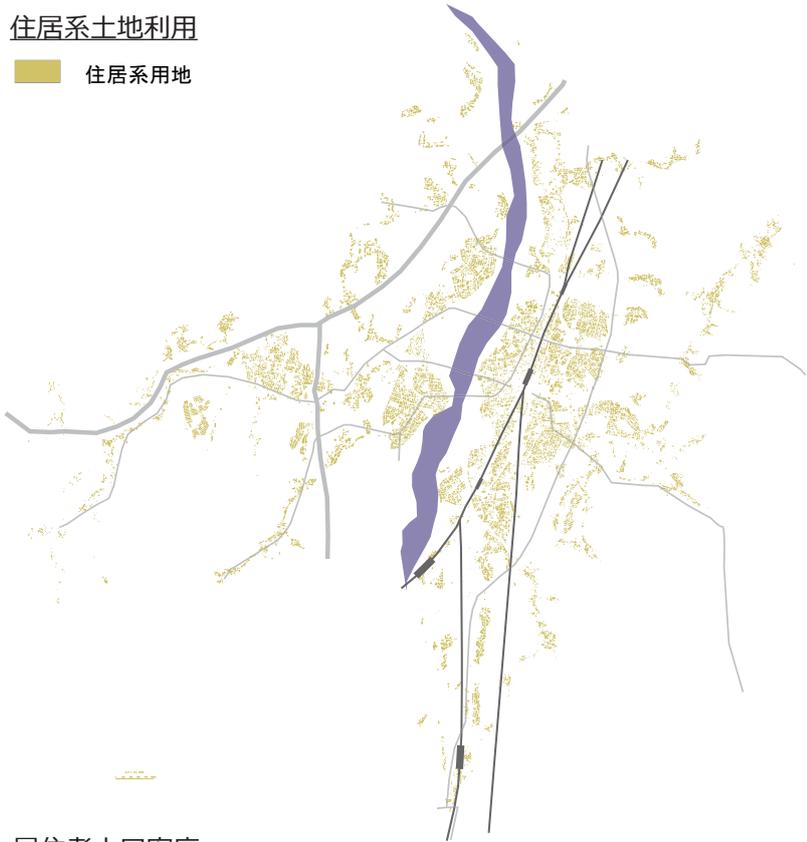
図**は住居系の土地利用分布と居住者人口密度の分布である。ここからわかることとして

居住者人口は東西にわたって薄く広く分布していることがわかる。

居住地域は薄く広く分布しているものの、そのサイズは全体と比較すればコンパクトであり、人口密度 20 人/ha 以上の土地面積は 2,533ha で、この中に 14.0 万人の居住人口があり、平均人口密度は 55 人/ha となっている。

住居系土地利用

住居系用地



居住者人口密度

[人/ha]

- 0 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100
- 100 - 120
- 120 - 200

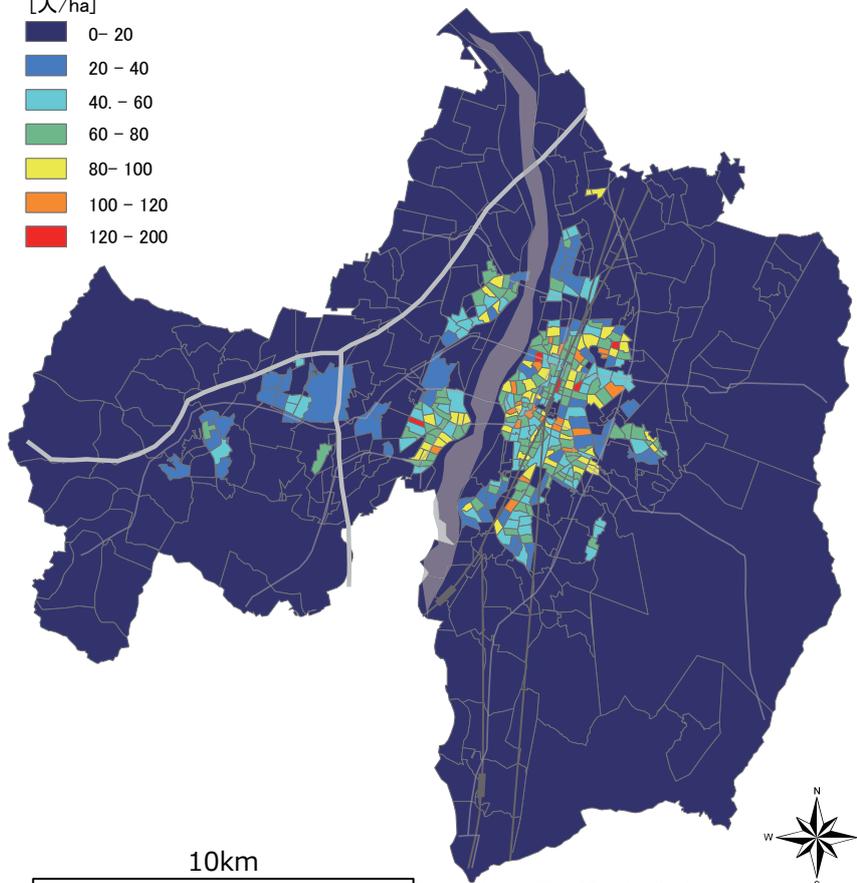


図 3-6. 住居系土地利用と居住者人口密度

資料: H17 国勢調査より作成

商業系

図3-7は商業系の土地利用分布と商業系従業者人口密度の分布である。ここで商業系の従業者としては、事業所・企業統計の分類のうち全産業から農林漁業系と公務系、製造業系を除いたものを用いた。ここからわかることとして

商業系従業者人口は長岡駅付近にかなり集中しており、長岡駅付近の120人/ha以上の54.4haの地域で約12,600人の従業者がおり、長岡地域全体の従業者約91,200人の約14%になっている。

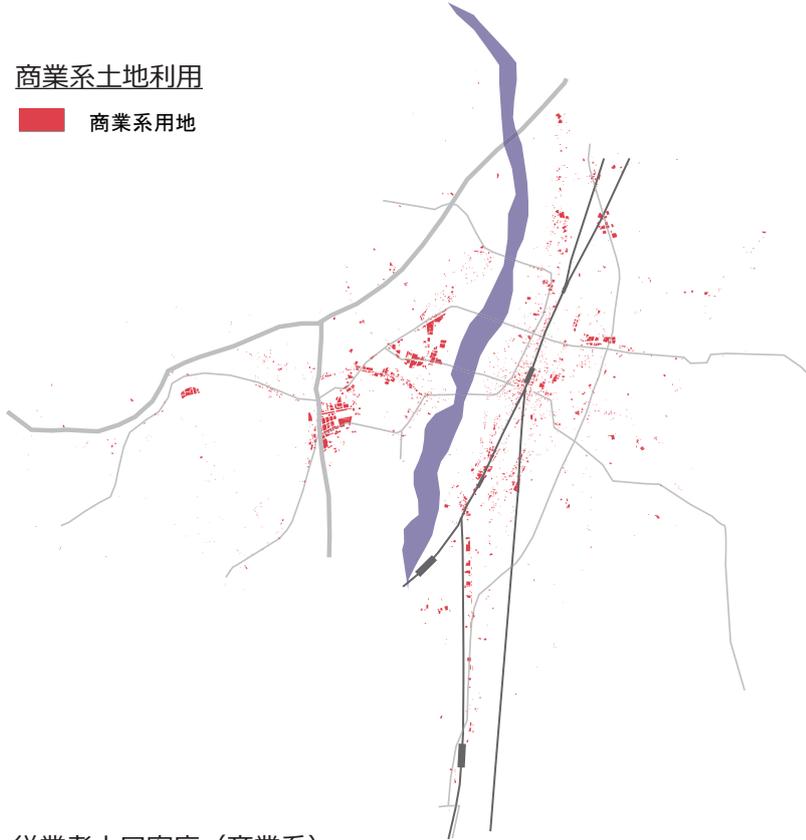
長岡駅付近以外では長岡インターチェンジ付近の新産業センター地区に集積が見られ、40～60人/haの57.7haの地域に約3,200人の従業人口がある。

川西のロードサイドにはショッピングセンターなどが集積しており、一部従業者密度が高くなっているところもある。

となっている

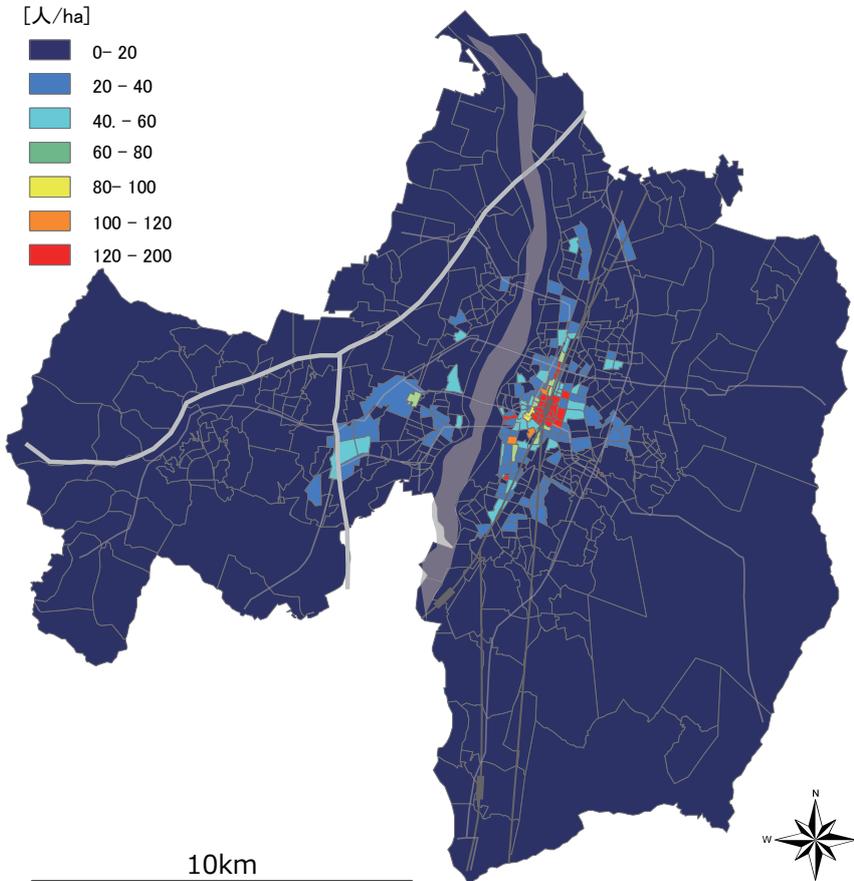
商業系土地利用

商業系用地



従業者人口密度 (商業系)

[人/ha]
 0-20
 20-40
 40-60
 60-80
 80-100
 100-120
 120-200



10km



資料:H13事業所・企業統計調査より作成

図3-7. 商業系土地利用と従業者人口密度

工業系

図3-8は工業系の土地利用分布と製造業従業者人口密度の分布である。ここからわかることとして

工業系の土地利用の中でも南北に位置している工業団地への製造業人口密度が大きい。

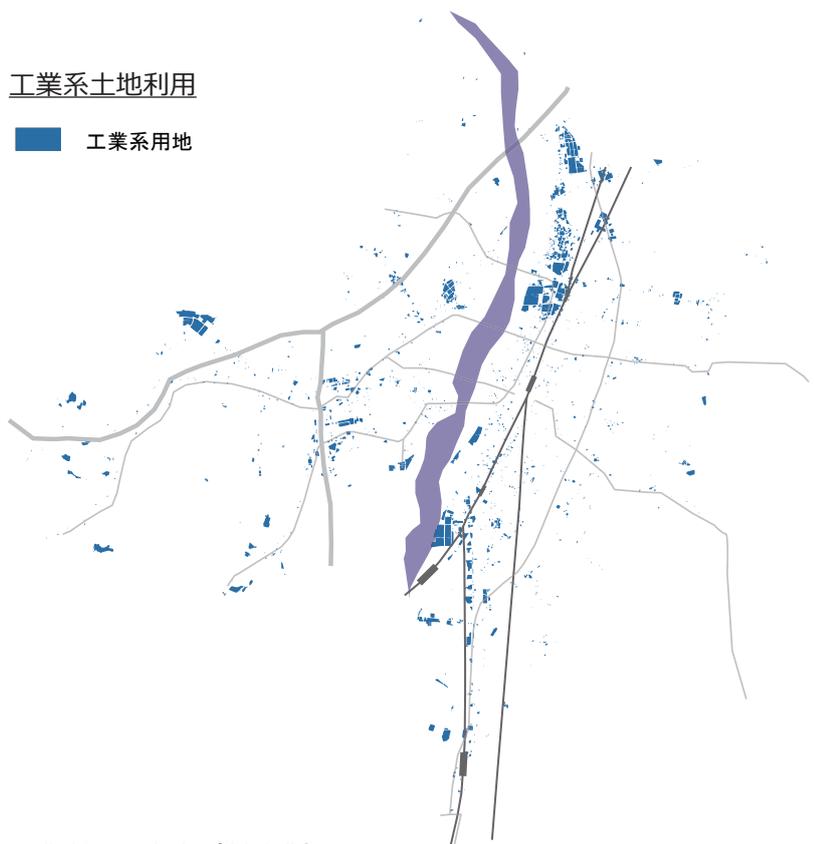
その中でも特に従業者の集積があるのは長岡駅から約3km北の北長岡工業団地付近であり、40人/ha以上の99.7haに約3400人の従業者人口があり、全体の製造業従業者人口約26,000人のうちの約13%となっている。

製造業の従業者は商業系よりも低密度で、郊外地に分散していると考えられる。

となっている

工業系土地利用

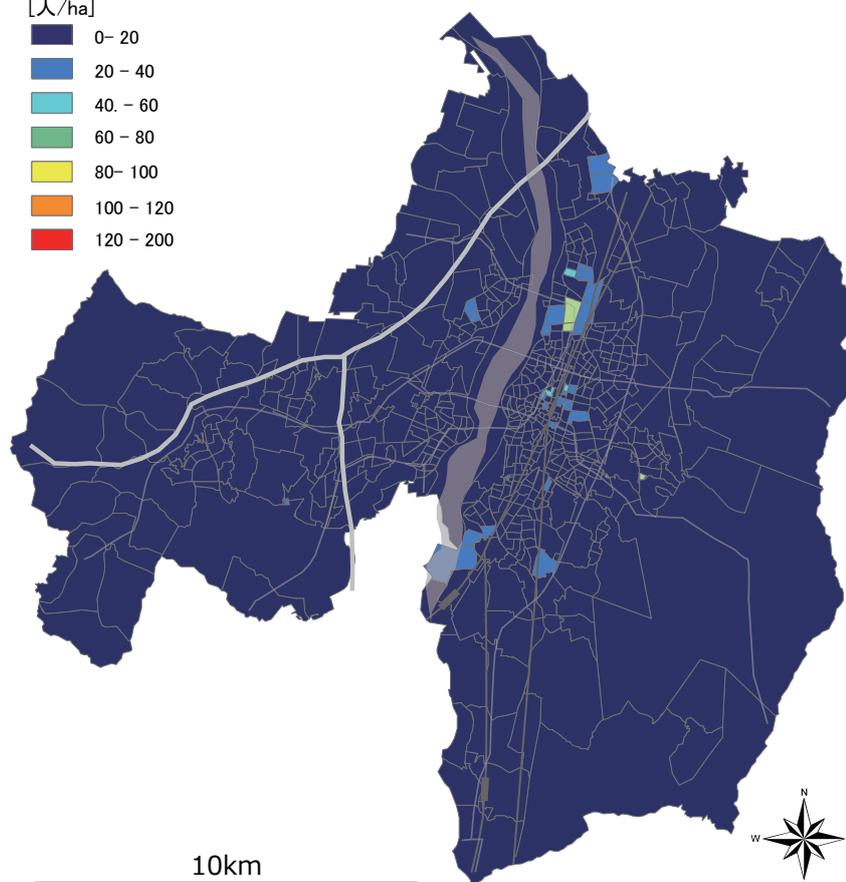
工業系用地



従業者人口密度（製造業）

[人/ha]

- 0-20
- 20-40
- 40-60
- 60-80
- 80-100
- 100-120
- 120-200



資料：H13事業所・企業統計調査より作成

図3-8. 工業系土地利用と従業者人口密度

全産業

図 3-9 は商業系、工業系、公共公益系の土地利用分布と商業系・製造業・公務を合わせた従業員人口密度の分布である。長岡地域においてこれらの従業員総数は 11.7 万人である。この図からわかることとして

長岡駅付近に従業員の集中があること

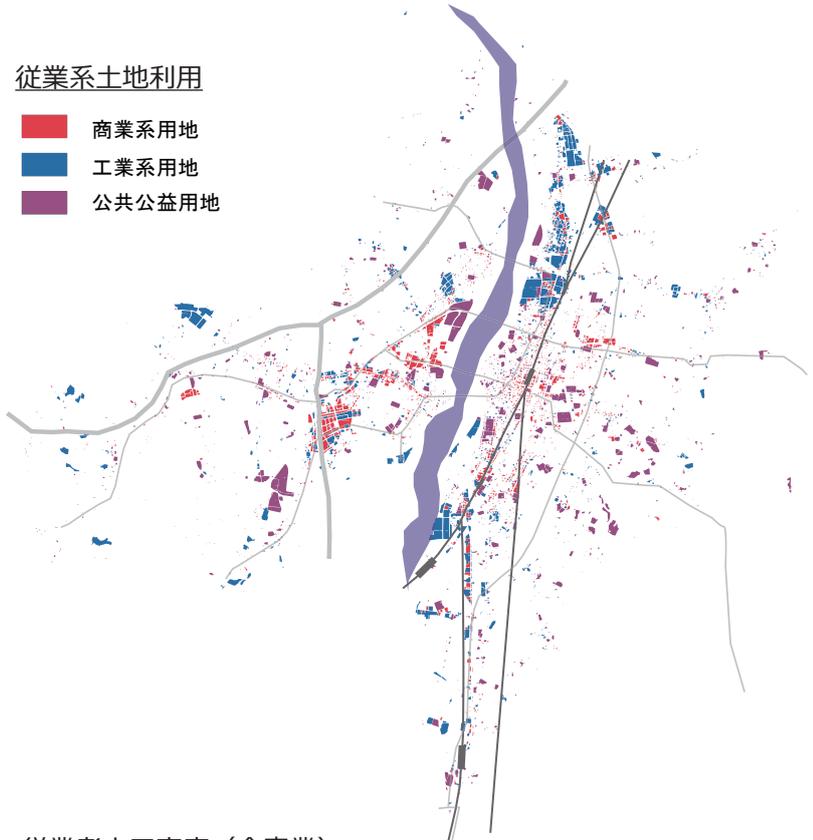
周囲の郊外にも薄く広く分布が見られること

その中でも前述の新産業センタ-地区と北長岡工業団地に従業員人口の極が形成されつつあることがわかる。

なお長岡駅南西に島状に人口密度が高い箇所 (80 ~ 100 人 /ha) がある。これは長岡市役所本庁舎が立地しているためだが、当施設は長岡駅前への移転がすでに決まっているため、本研究では特に取り扱わないこととした。

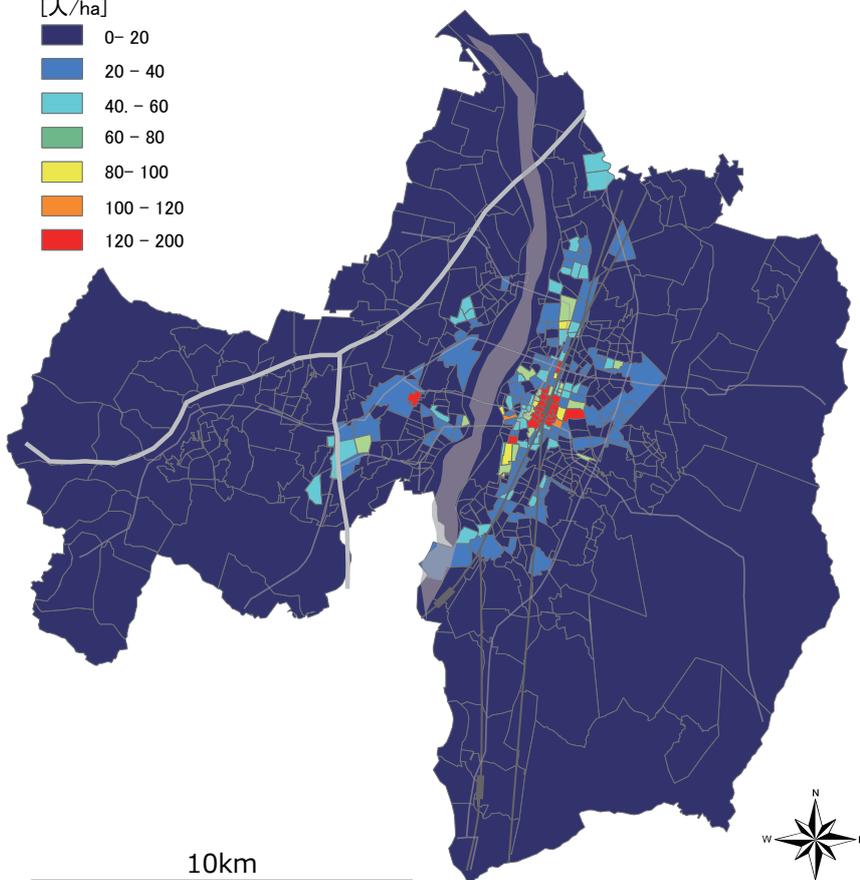
従業員土地利用

- 商業系用地
- 工業系用地
- 公共公益用地



従業員人口密度 (全産業)

- [人/ha]
- 0-20
 - 20-40
 - 40-60
 - 60-80
 - 80-100
 - 100-120
 - 120-200



10km

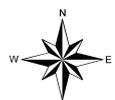


図 3-9. 従業員土地利用と従業員人口密度

資料: H13事業所・企業統計調査より作成

主要施設

大規模商業施設分布

大規模商業施設

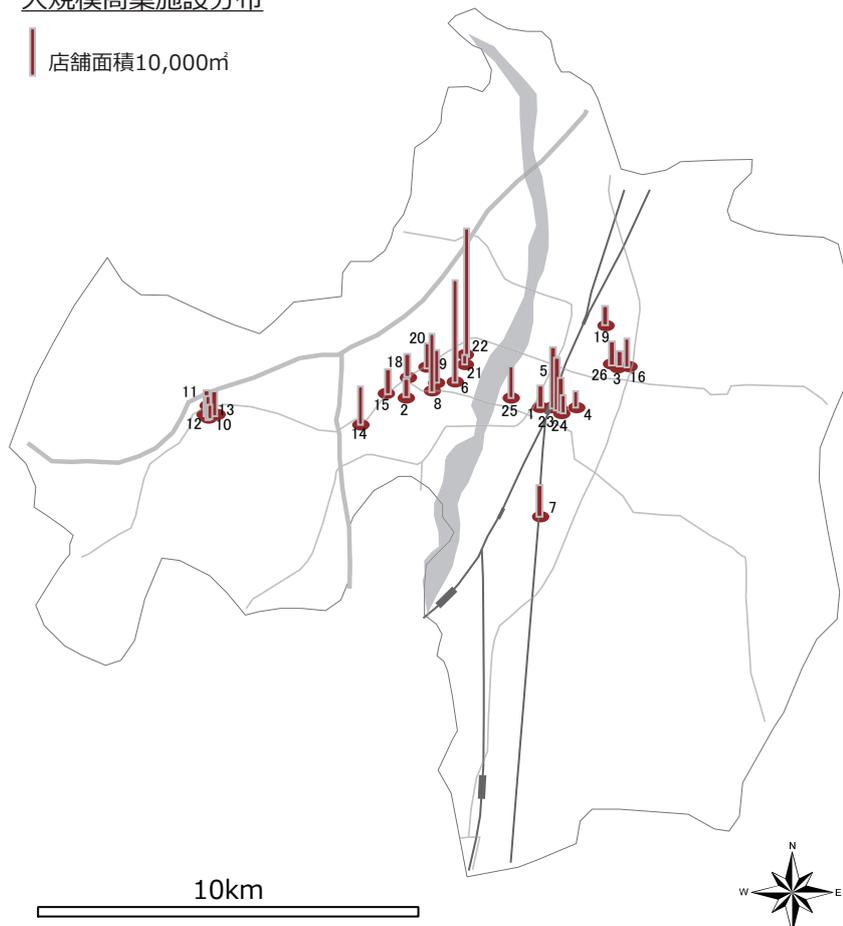
図3-10は大規模商業施設の内3,000㎡以上のものの立地とその店舗面積の分布である。ここからわかることとして、

川西の千秋地区に大型のショッピングセンターのアピタ長岡と新長岡ショッピングセンタービルがあり、主要な商業地域を形成していること。

長岡駅前以外にも郊外地に島状にショッピングセンターが分布していること。長岡ニュータウン付近の長岡セントラルマーケットや長岡駅北東のリップス他3施設や長岡駅南側の宮内ショッピングセンターがこれに当たる。

西側のロードサイドに商業施設が連なっていること。

となっている



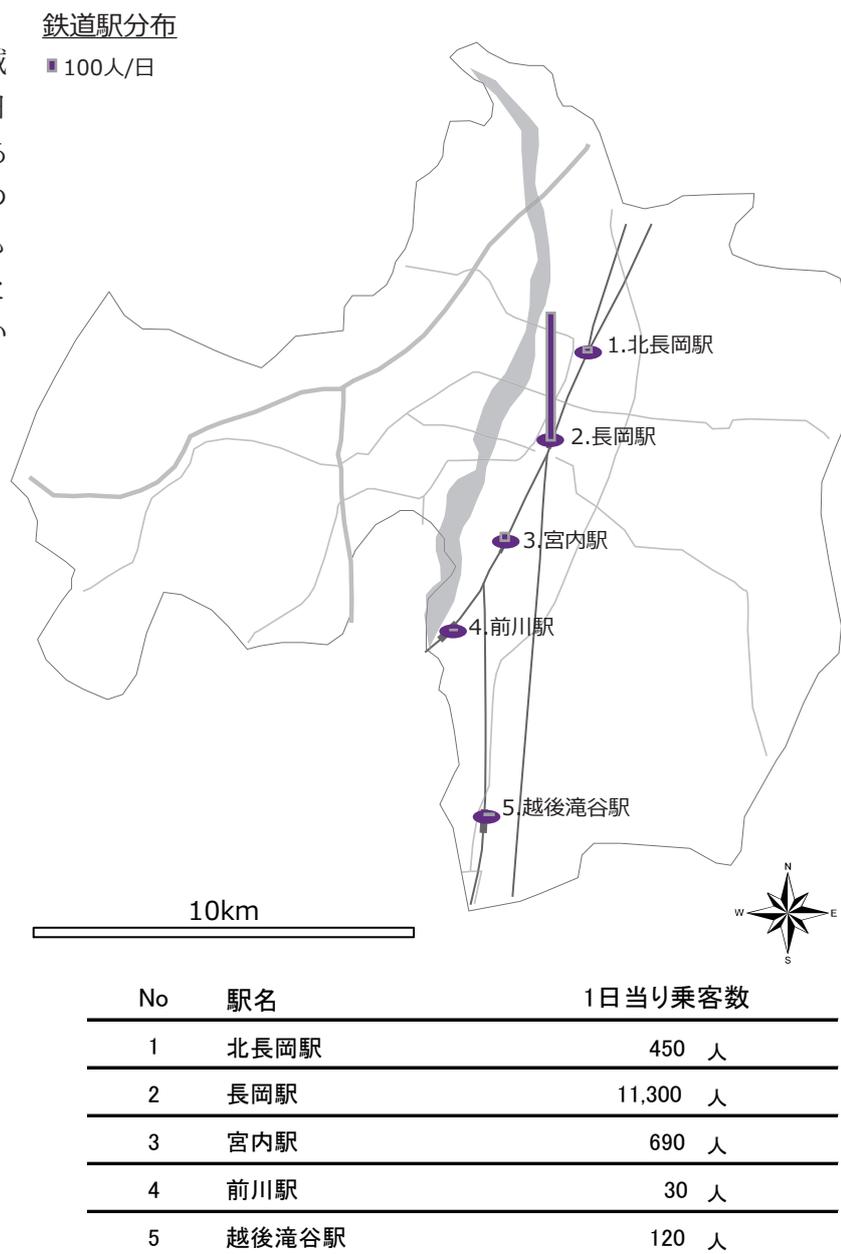
No	施設名	店舗面積
1	大和長岡店	4,640 ㎡
2	長岡西開発第一商業ビル	3,945 ㎡
3	北長岡ショッピングセンタービル	5,082 ㎡
4	コープビル	3,909 ㎡
5	長岡駅前城内ビル	13,000 ㎡
6	新長岡ショッピングセンター	21,700 ㎡
7	宮内ショッピングセンター	6,644 ㎡
8	長岡アークプラザ南	12,313 ㎡
9	長岡アークプラザ北	6,974 ㎡
10	ジー・エル・オー-365 長岡店	5,242 ㎡
11	長岡セントラルマーケット1号棟	5,530 ㎡
12	長岡セントラルマーケット2号棟	5,179 ㎡
13	長岡セントラルマーケット3号棟	3,023 ㎡
14	アークプラザ新長岡ハワーセンター西	8,214 ㎡
15	山下の家具長岡店	5,260 ㎡
16	リップス	5,986 ㎡
17	長岡駅東トアショッピングセンター	3,329 ㎡
18	アークガレリア長岡	4,840 ㎡
19	原信マーケットシティ新保	4,064 ㎡
20	長岡マーケットモール	5,268 ㎡
21	シネマコンプレックス長岡	2,163 ㎡
22	アピタ長岡店	27,221 ㎡
23	CoCoLo長岡	11,415 ㎡
24	E・PLAZA	7,403 ㎡
25	ウオロク長岡店	6,714 ㎡
26	原信川崎ショッピングセンター	3,331 ㎡

資料:「新潟県大規模小売店舗一覧」から店舗面積3,000㎡以上のものを調査

図3-10. 大規模商業施設

鉄道駅

図 3-11 は長岡地域内の鉄道駅とその一日当たり乗客数分布である。長岡地域内に5つある鉄道駅のうちでも長岡駅の利用者がほとんどであることがわかる。



資料：平成19年長岡市統計年鑑

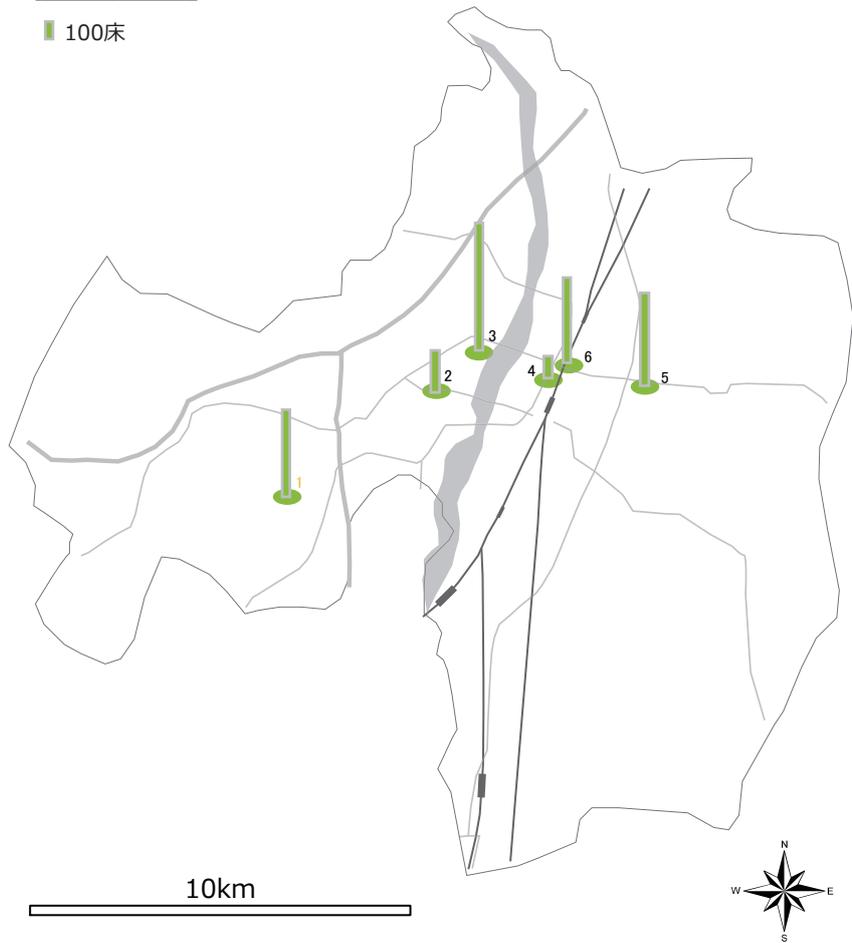
図 3-11. 鉄道駅

総合病院

図 3-12 は長岡地域内の総合病院とその病床数の分布である。赤十字病院、中央総合病院といった主要な病院は郊外部に立地していることがわかる。

総合病院分布

■ 100床



No	施設名	病床数
1	田宮病院	497 床
2	長岡西病院	240 床
3	長岡赤十字病院	726 床
4	誠心会吉田病院	125 床
5	長岡中央総合病院	531 床
6	立川総合病院	481 床

資料:各病院HP

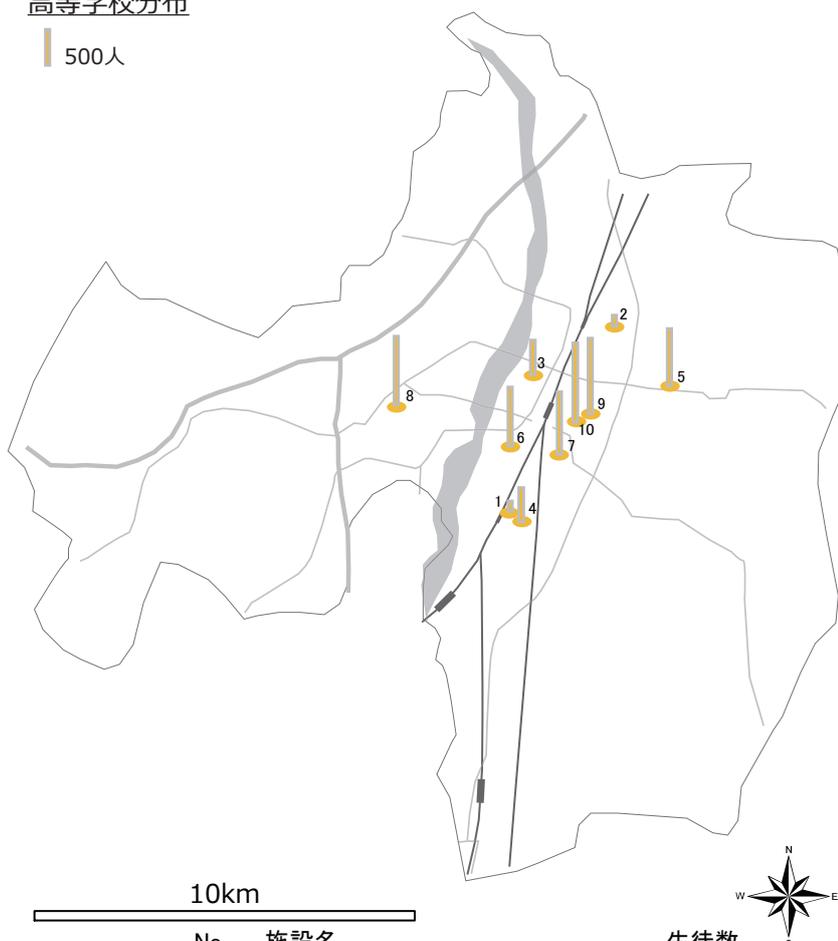
図 3-12. 総合病院

高等学校

図3-13は長岡地域内の高等学校とその生徒数の分布である。長岡駅付近を中心にしても比較的均等な配置をしていることがわかる。

高等学校分布

500人



No	施設名	生徒数
1	英智ウィル学院高等学校	148人
2	中越学園中越高等学校	150人
3	県立長岡明德高等学校	476人
4	県立長岡農業高等学校	477人
5	県立長岡商業高等学校	791人
6	県立長岡工業高等学校	817人
7	帝京長岡高等学校	864人
8	県立長岡向陵高等学校	951人
9	県立長岡大手高等学校	1,027人
10	県立長岡高等学校	1,096人

資料：平成19年長岡市統計年鑑

図3-13. 高等学校

各施設の集客力

これら4施設タイプから、1日当たりの集客力を推定し、プロットしたものが図3-14である。

集客力の算定方法

大規模小売店舗 [1日当たりの来客者数] = [売り場面積] × 0.8人/m²

⇒ 1日当たりの来客者数として、「大規模小売店舗を設置するものが配慮すべき事項に関する指針」（経済産業省）にある日來客数原単位 950人/千m²から、歩留りを考慮して800人/千m²を日來客数原単位に設定。

鉄道駅 JR乗車人員数の統計から各駅の1日あたり乗客数を1日当たりの来客者数とする。

総合病院

算定式 [1日当たりの来客者数] = [病床数] × 0.86人

⇒ 「H20厚生労働省病院統計」より外来患者数の1日当り全国平均を総病床数で割ったものを日來客数原単位に設定。

高等学校

生徒数を用いる。

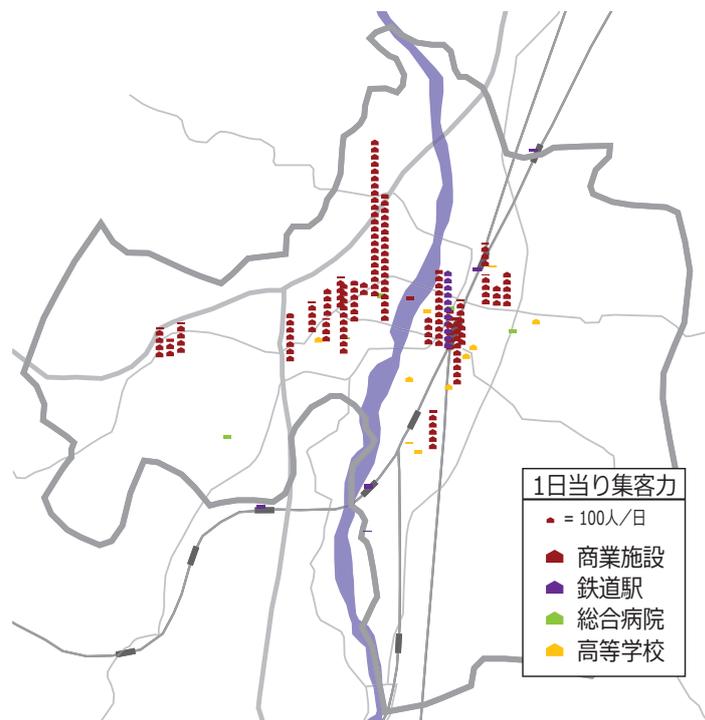


図3-14. 集客力の推定

長岡地域の人の流れ

調査手法

土地利用や人口密度の分布をこれまで見てきたが、実際にそうした集積に対し、どのくらいの人がどこから移動してくるかということ考察する。ここではエリアごとの人の流れを見るために、長岡地域を15エリアに分割した平成13年新都市ODデータを用いた分析を行う。(図3-15)

新都市OD調査から見たエリア間の人の流れ

新都市ODは起点終点調査の一種で、一回の移動を1トリップとして起点(origin)、終点(destination)、移動目的とその移動手段によって、一日の人の流れを集計したものである。今回は図**のように長岡地域を15ブロックにエリア分けして集計したODデータを使用した。ここではGISを用いてODデータを地図上にプロットし、一日の人の流れを考察する。

ODデータのエリア区分

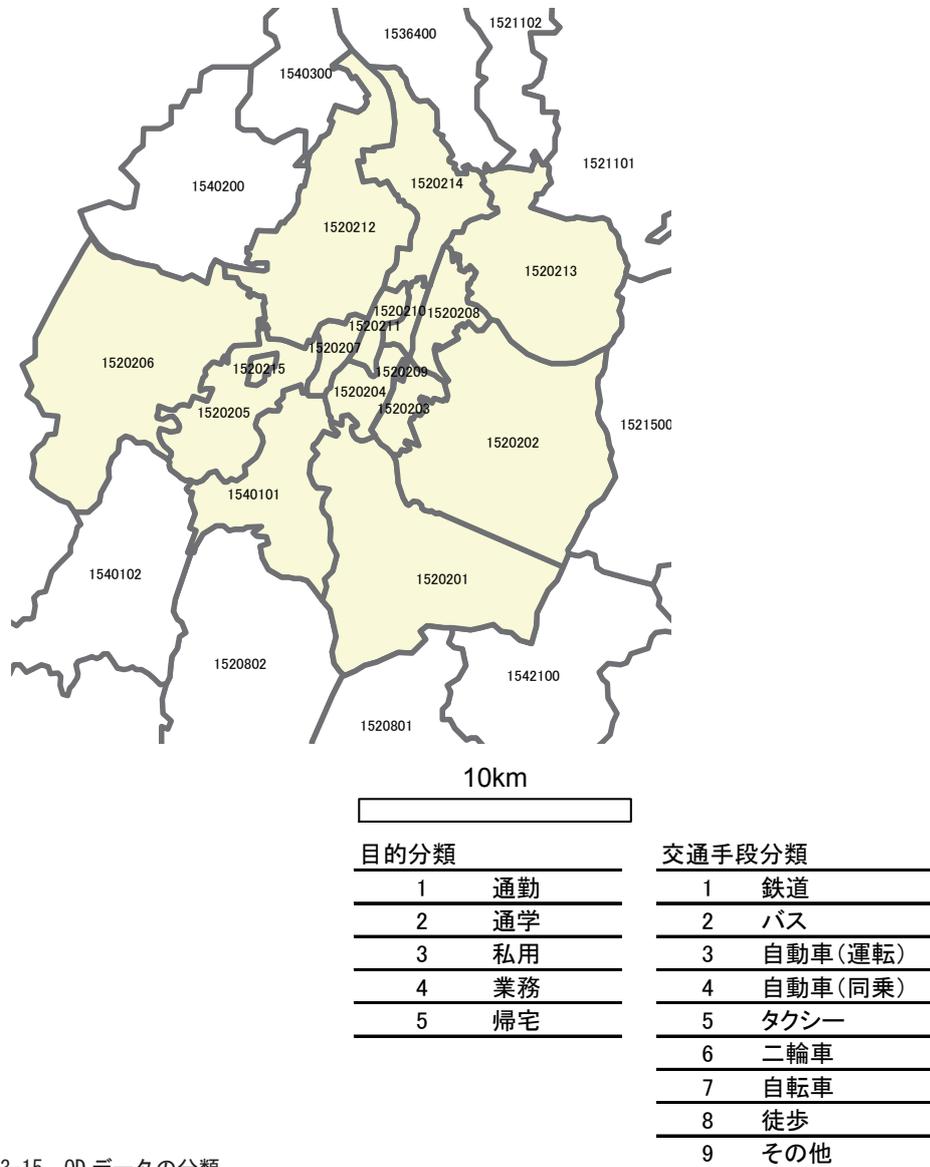


図3-15. ODデータの分類

人の流れのプロット

各ゾーン間の1日のトリップ数をプロットしたものが図**になる。

ここでは移動目的として、業務を除いた全目的での移動を集計した。

エリア区分が大きいいため詳細なスポット間の移動は把握できないものの、大きな流れとしてわかることは、

(1) 人の流れは長岡地域内で特に活発で周囲の地域からの出入りは少なく、長岡地域は自立した都市域を形成している

(2) 最も移動量が集中しているのは長岡駅付近になっている

(3) しかしながら長岡駅付近以外のエリア間でもトリップ数の多い所も相当数あり、人の流れは長岡駅1極というより多心的な人の流れも形成されている

ということである。

長岡地域の人の流れ

(業務目的を除く全目的の全交通手段を集計)

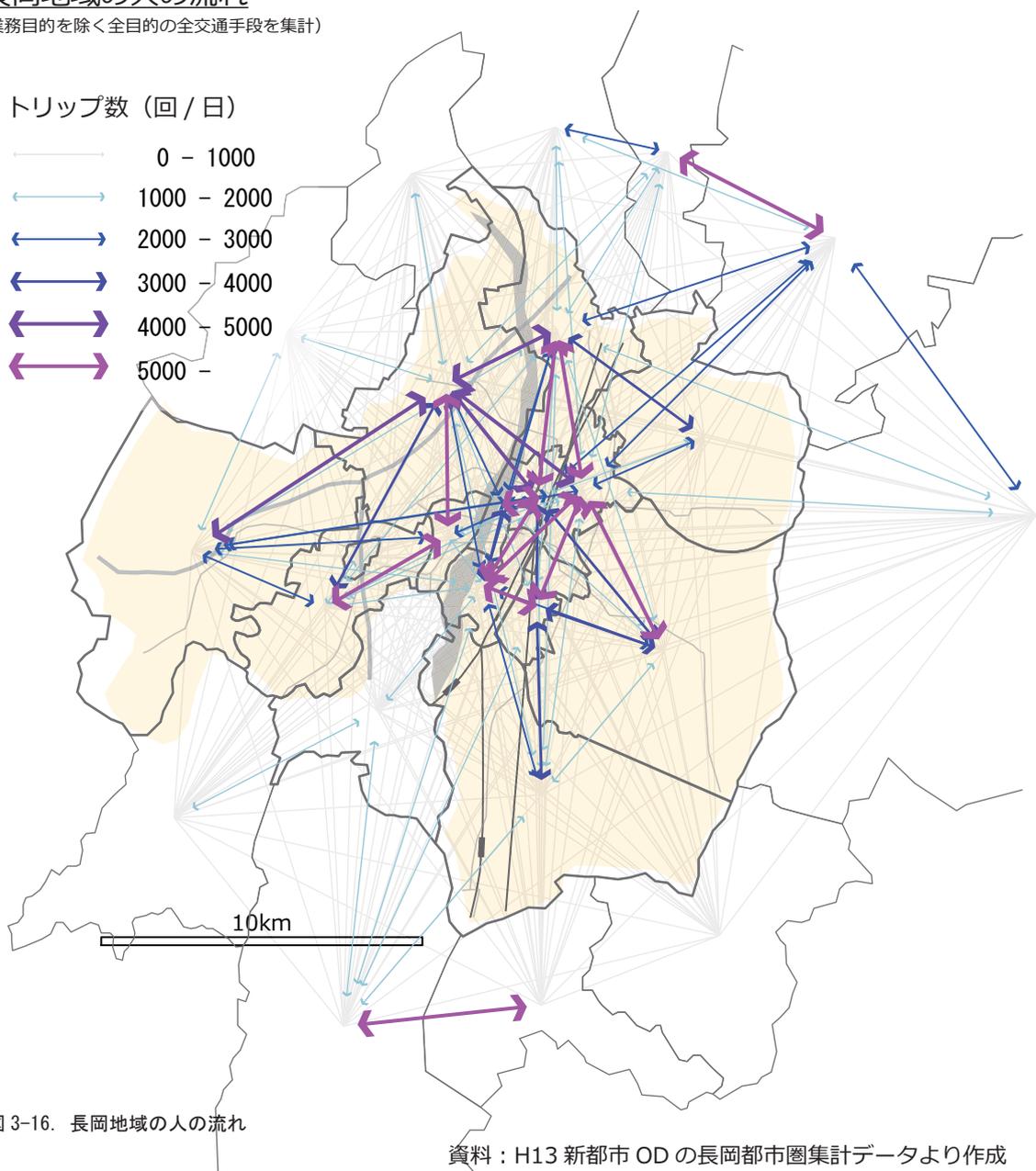


図 3-16. 長岡地域の人の流れ

資料：H13 新都市 OD の長岡都市圏集計データより作成

多心的構造の把握

居住人口・従業人口・主要施設の分布によって長岡地域の都市構造を把握し、人の流れ調査によって長岡地域のエリア間の移動量を確認した。

これらの調査を通じてわかったことは、長岡駅付近が全ての面において大きな存在でありながらも、人口密度や人の流れ、都市機能は拡散傾向であり、多心的な要素も併せ持っているということである。

また以上の調査から長岡地域の都市構造をまとめると、図 3-17 のようになる。

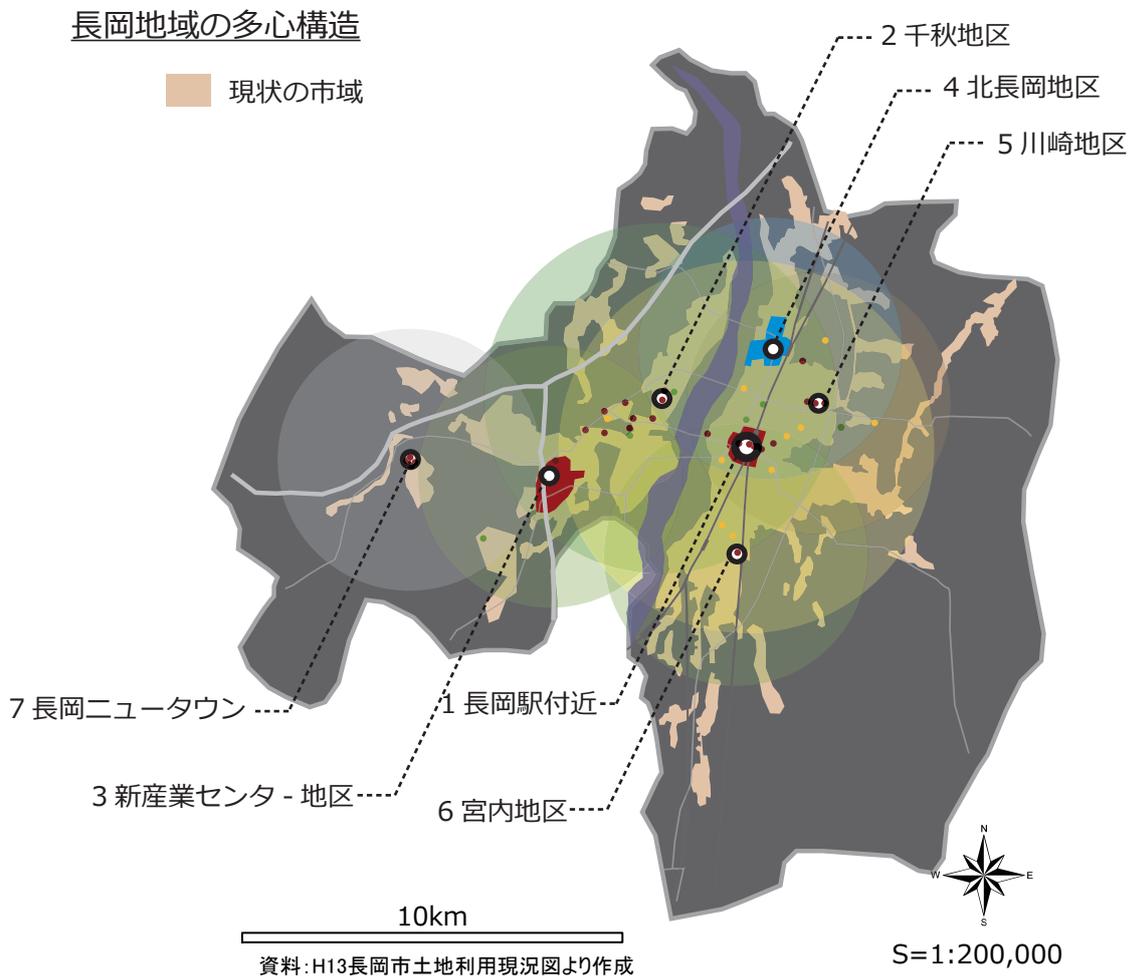


図 3-17. 長岡地域の多心構造

現状の市域

この範囲内でほとんどの都市的活動が行われており、将来のコンパクト化における基準となる領域になっている。

1 長岡駅付近

多心的な極をなす地域

2 千秋地区

リバーサイド千秋・ジャスコなど集客力の大きい施設の集積と、赤十字病院が立地している。

3 新産業センター地区

長岡インターチェンジ付近での業務集積による従業者と、大規模商業施設による集客が多い。

4 北長岡地区

北長岡工業団地など製造業が集積しており、多くの従業者を集めている。

5 川崎地区

国道沿いのショッピングセンターと中央総合病院が立地している。

6 宮内地区

周囲との競合の少ない南側にショッピングセンターが立地している。

7 長岡ニュータウン

周囲との競合の少ない西側にショッピングセンターが立地している。

第四章 長岡市バス交通の現状調査

長岡市バス交通の現状分析

前章で得られた長岡地域の知見を受け、長岡市バス交通の現状を考察する。

本章では長岡市バス交通を

- (1) ノードとしてのバス停の分布
 - (2) ネットワークとしてのバス路線網
 - (3) 交通手段としてのバス車両
 - (4) バス利用者の意向
 - (5) 他交通手段との比較
- といった4つの観点から説明する。

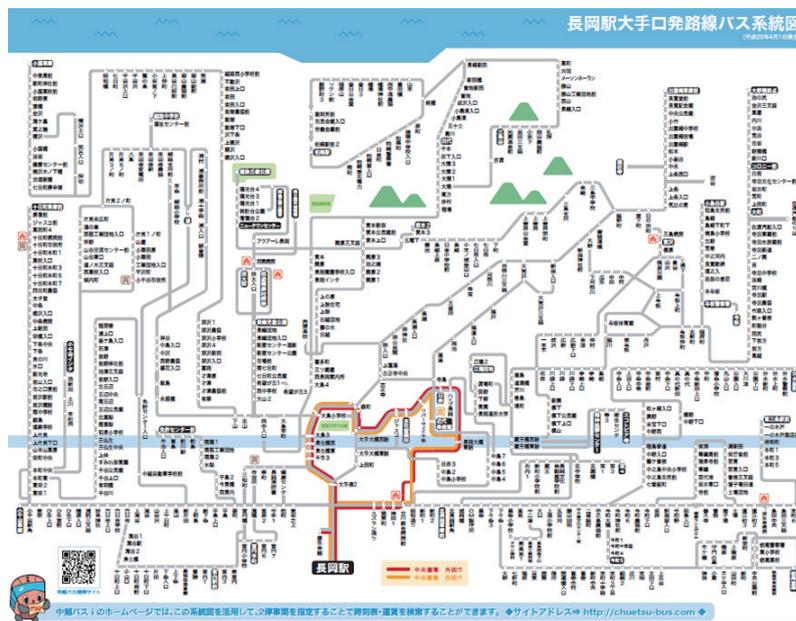


図 4-1. 長岡地域のバス交通

バス停について

バス停の配置

長岡地域のバス停配置は右図のようになっている。

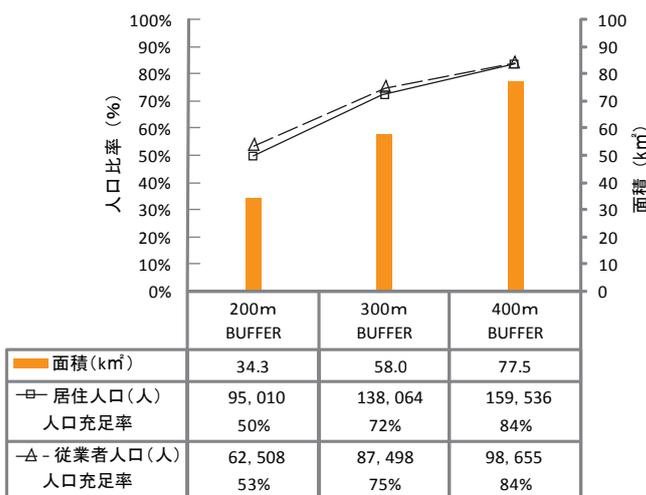
長岡地域の人口の大部分をカバーする土地利用ライン内において、この配置が人口密度に対して適正な配置となっているかを調べるために、各バス停から一定の距離をバッファリングしたエリアにおける人口を推計したものが図4-1である。推定に使用した人口にはH17国勢調査町丁目人口データを用い、ラインが町丁内を分断する場合は面積按分による算定とした。

バス停から400mの距離をバッファリングした場合、このエリアの面積は40.6km²と土地利用ライン内面積45.9km²に対し89%の充足率であり、人口は13.4万人と、土地利用ライン内人口13.9万人の96%の充足率となった。

「バスサービスハンドブック」によれば、通常時一般的な人の90%が抵抗感を感じないバス停までの距離は300mとされているため、長岡地域内のバス停配置は人口の分布にある程度適した配置になっているといえる。

図4-2. 長岡地域のバス停分布

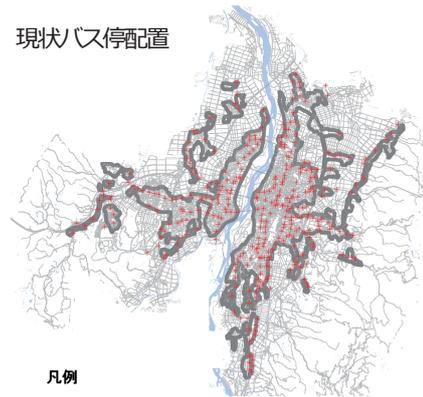
バス停からのバッファ距離-人口充足率の関係



※人口充足率は長岡地域全体の居住人口19.1万人、従業者人口11.7万人に対する各バッファ内人口の割合として算出。

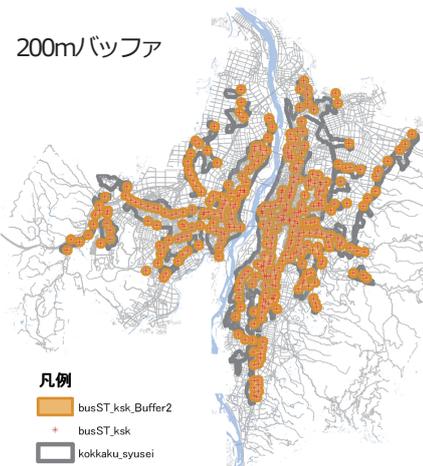
資料：ゼンリンZmaptown IIによるバス停配置データと、H17国勢調査による居住人口、H14事業所・企業統計による従業者人口より天野作成。

現状バス停配置



凡例

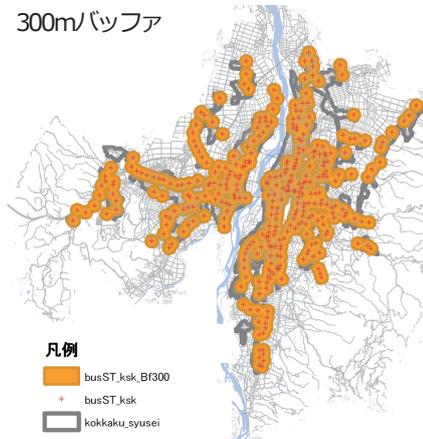
200mバッファ



凡例

- busST_ksk_Buffer2
- busST_ksk
- kokkaku_syusei

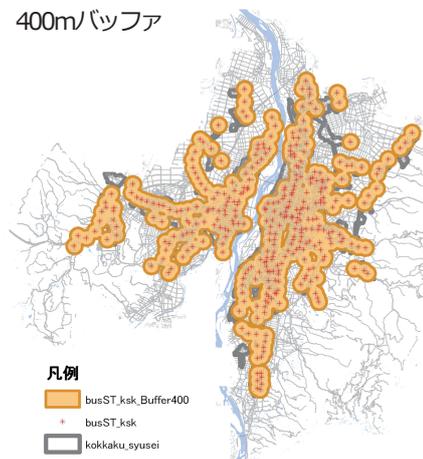
300mバッファ



凡例

- busST_ksk_Buffer300
- busST_ksk
- kokkaku_syusei

400mバッファ



凡例

- busST_ksk_Buffer400
- busST_ksk
- kokkaku_syusei

ネットワークとしてのバス路線網について
(路線形状)

バス路線網の現状について、『長岡市公共交通基本計画（素案）』をもとに路線形状・収支状況・長岡市による公共交通政策の面から説明する。

長岡地域とその周辺地域を含めた長岡市全体のバス路線の概要は図 4-2 のようになっている。

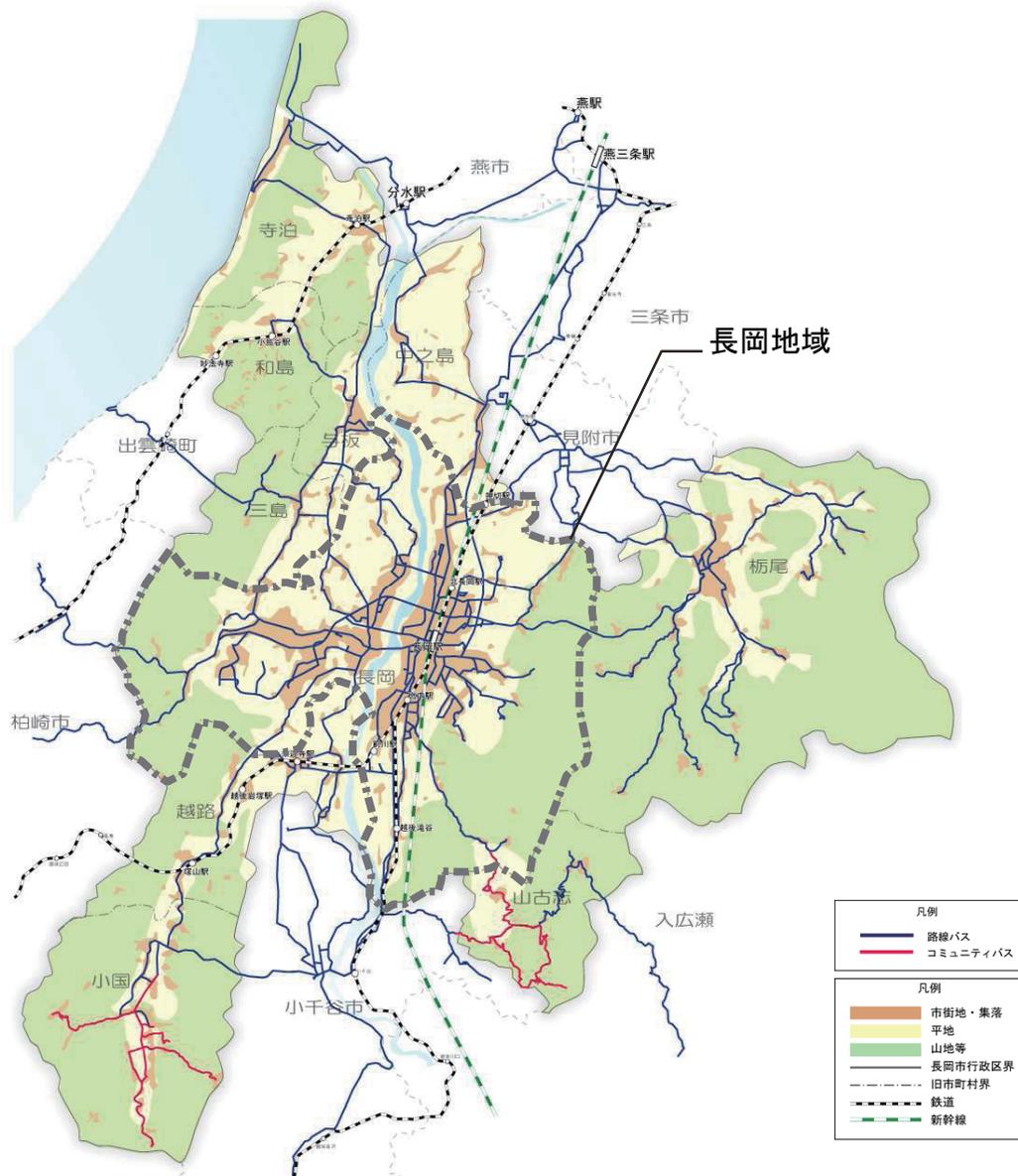


図 4-2. 長岡地域のバス路線

こうした放射状の路線形状のため、バスの運行頻度は長岡駅周辺の中心市街地が多く、郊外に行くに従って少なくなっている。(図 4-3)

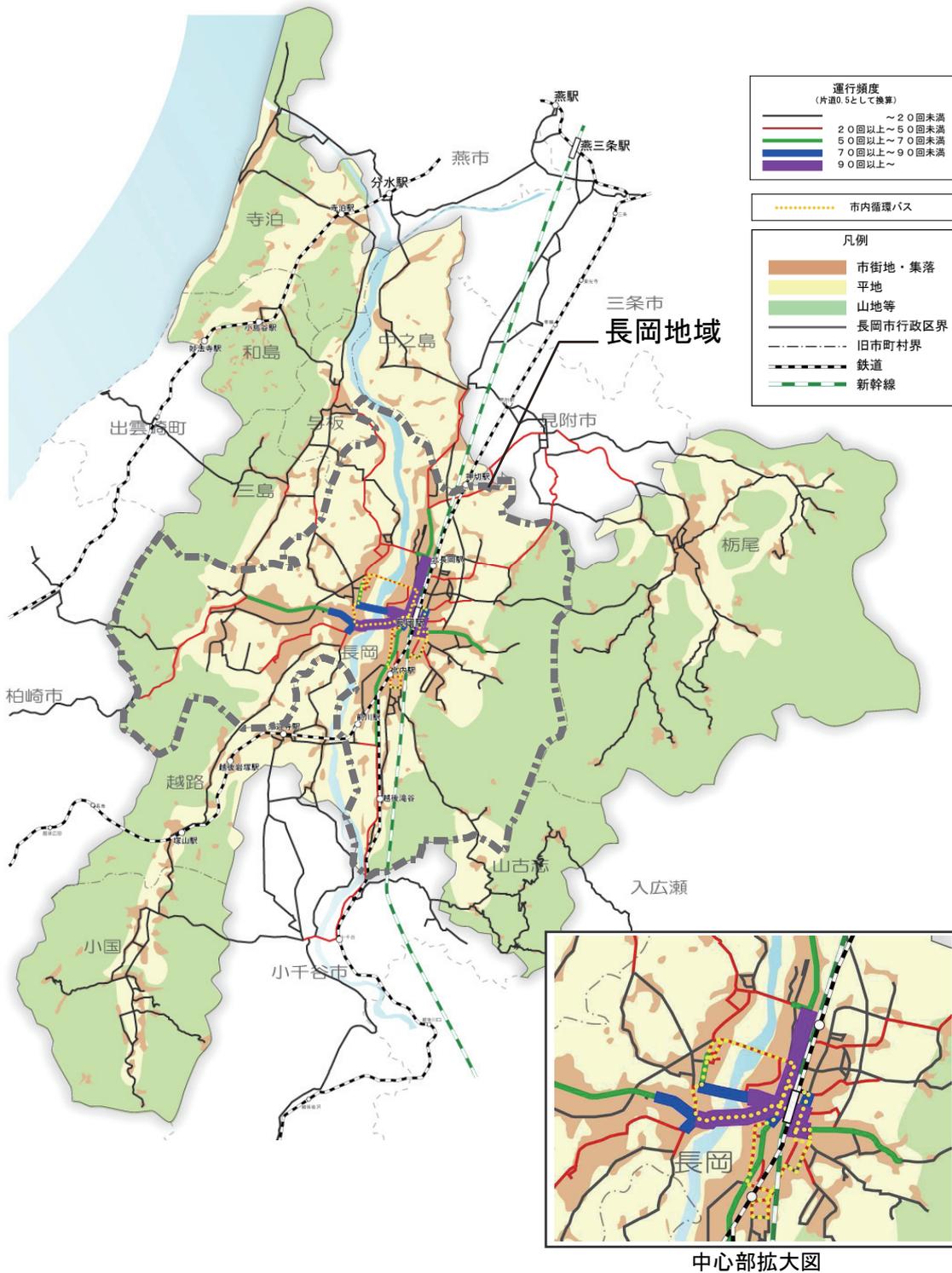


図 4-3. 長岡地域のバス路線運行本数

また機能別でみると『長岡市公共交通基本計画（素案）』での分類に従えば、

- (1) 「基幹路線」・・・長岡駅と周辺地域を結ぶ路線、
 - (2) 「市街地路線」・・・長岡地域の中心部を走行する循環路線などの路線
 - (3) 「長岡地域郊外路線」・・・長岡駅と長岡地域の郊外を結ぶ路線
 - (4) 「周辺地域内路線」・・・周辺地域内を運行する路線
 - (5) 「地域相互連絡路線」・・・周辺地域を相互に連絡する路線
- となっている。(図 4-4)

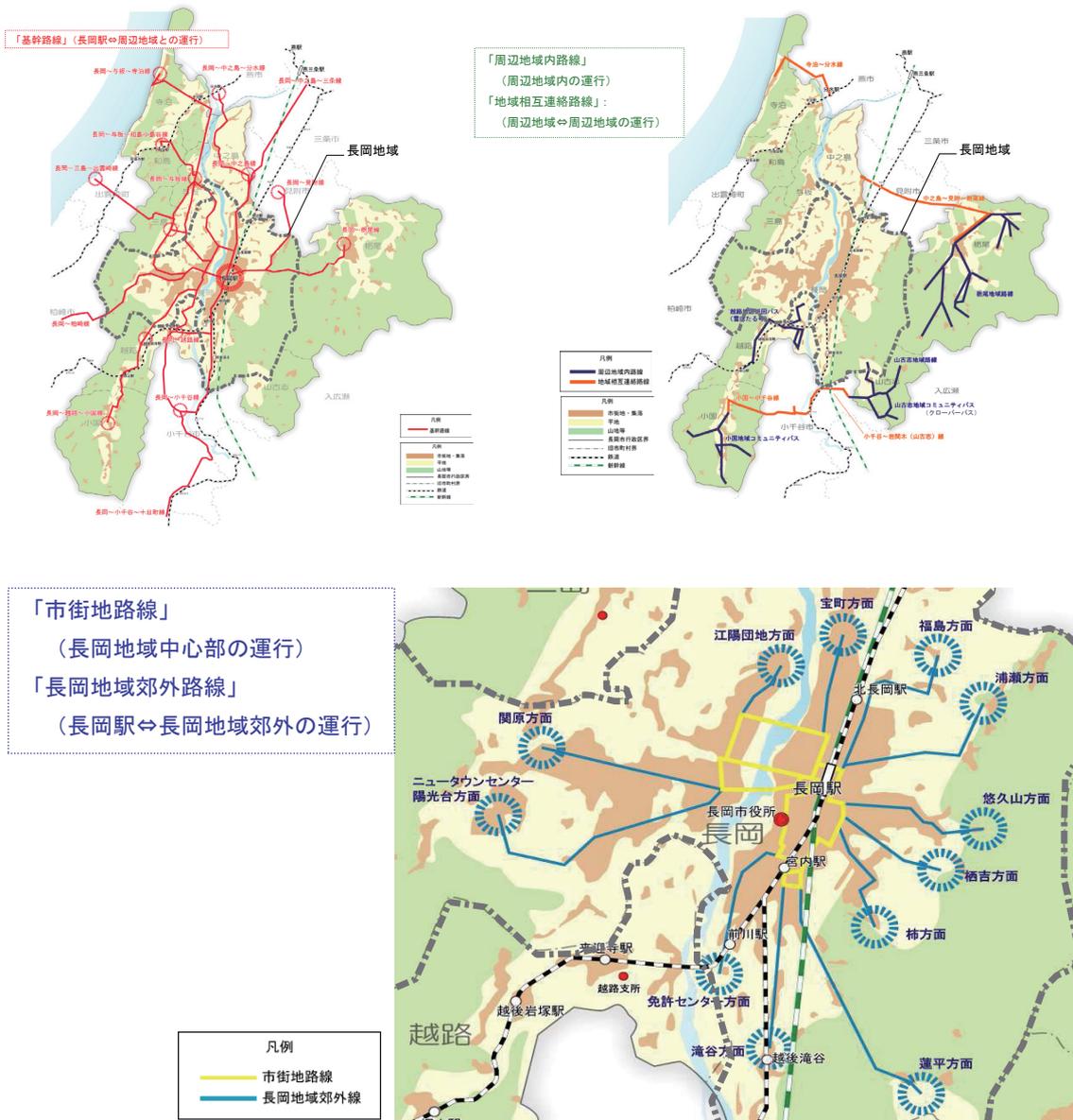
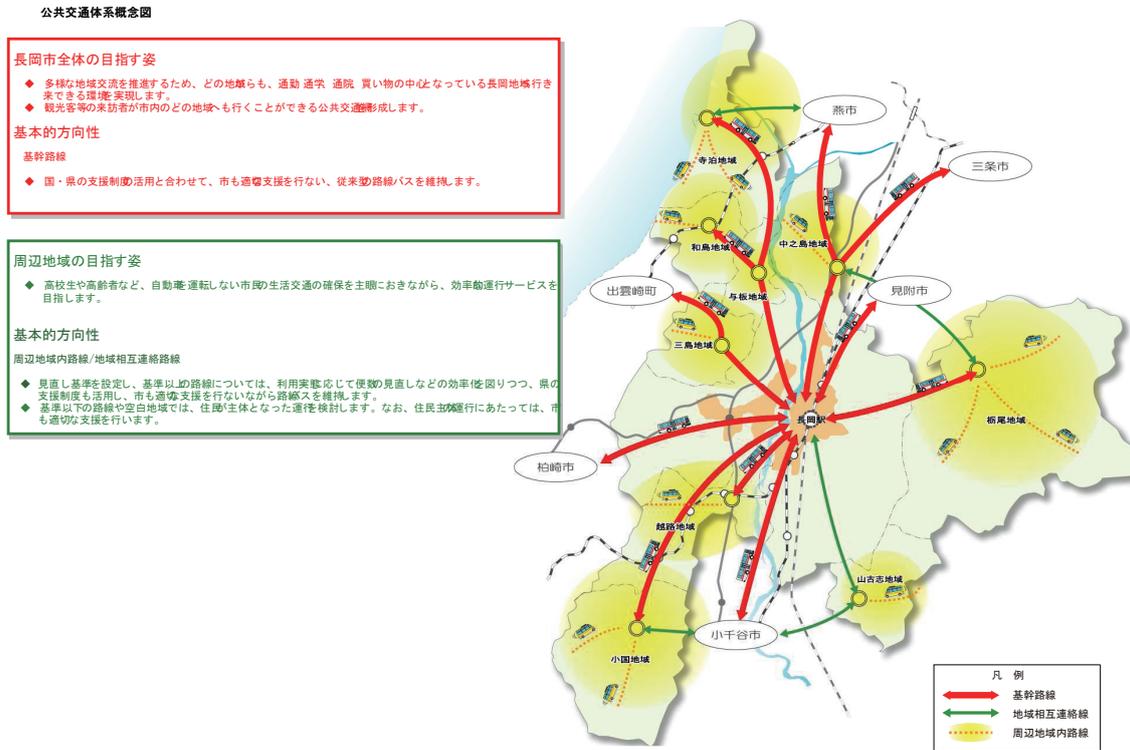


図 4-4. 長岡地域のバス路線分類

(公共交通政策)

以上の分析を元に、『長岡市公共交通基本計画（素案）』では基幹路線については現状の放射状路線を維持し、市街地路線・長岡地域郊外路線については重複路線の見直し・効率化が今後の方針として挙げられている。(図**)



【長岡地域拡大図】



バスの交通軸 (←→)

自家用車からの公共交通への転換を促進するための中心的役割を担う路線をバスの交通軸と位置づけ、高いサービスの運行を目指します。

図4-5. バス路線の公共交通政策

(収支状況)

こうした機能別に、代表的な路線の収支状況をまとめると図4-5のようになる。ここから、全体的に赤字傾向が強く、特に旧長岡市より外の周辺地域を運行する路線の赤字傾向が強いことが指摘されている。



区分	No	起点	終点	キロ程	平均乗車密度	収支(万円)			収支率(A)/(B)
						収入(A)	経費(B)	損益(A)-(B)	
基幹路線	1	長岡駅前	東三条駅前	27.8	4.8	2,205	3,992	▲1,787	55%
	2	長岡駅東口	上見附車庫前	16.4	5.0	1,762	2,918	▲1,156	60%
	3	(快)長岡駅東口	栃尾車庫前	18.3	13.8	2,343	1,392	▲951	168%
	4	(急)長岡駅前	十日町車庫前	45.9	6.3	7,301	15,347	▲8,046	48%
	5	(急)長岡駅前	大町	33.4	5.3	3,588	5,931	▲2,343	60%
	6	長岡駅前	小島谷駅前	25.1	3.9	818	1,938	▲1,120	42%
	7	長岡駅前	与振警察署前	18.2	5.5	1,009	1,267	▲258	80%
	8	長岡駅前	出雲崎車庫前	24.6	10.0	1,829	1,630	▲199	112%
	9	(急)長岡駅前	柏崎駅前	37.2	6.6	4,287	7,409	▲3,122	58%
	10	長岡駅前	小国車庫前	29.6	6.2	2,814	4,242	▲1,428	66%
基幹路線計						27,956	46,066	▲18,110	61%
市街地路線	11	くろりん		10.0	6.8	5,637	6,528	▲891	86%
	12	南権運		12.9	6.9	2,167	3,646	▲1,479	59%
	13	長岡駅前	本社営業所(千秋が原)	3.6	1.4	258	766	▲508	34%
市街地路線計						8,062	10,940	▲2,878	74%
長岡地域郊外線	14	長岡駅前	免許センター	9.0	4.3	866	1,320	▲454	66%
	15	長岡駅東口	上下条	5.3	3.3	428	584	▲156	73%
	16	長岡駅前	宮内新保	10.7	6.6	2,347	2,320	▲27	101%
	17	長岡駅前	宝町	5.1	3.6	1,593	1,987	▲394	80%
18	長岡駅東口	悠久山	4.3	5.9	6,585	4,756	▲1,829	138%	
長岡地域郊外線計						11,819	10,967	852	108%
周辺地域内連絡路線	19	越路雪ぼたる号		9.4	7.8	1,411	1,633	▲222	86%
	20	栃尾車庫	入塩川	12.6	2.0	242	640	▲398	38%
	21	栃尾車庫	栃根	7.3	2.0	368	742	▲374	50%
	22	太田入口	山古志支所	7.0	1.1	0	1,080	▲1,080	0%
周辺地域内連絡路線計						2,021	4,095	▲2,074	49%
地域相互連絡路線	23	栃尾車庫	中之島文化センター	18.2	2.6	62	200	▲138	31%
	地域相互連絡路線計						62	200	▲138
計						49,920	72,268	▲22,348	69%

図4-5. バス路線収支状況

参考資料
・キロ程、1人平均乗車キロ程、平均乗車密度、経常収益

考察

『長岡市公共交通基本計画（素案）』では基本的には長岡駅を中心とした放射状路線の維持が謳われており、乗換ターミナルの設置は言及されていない。

そしてその根拠として、現状の人の流れが長岡駅中心になっていることが挙げられている。確かに図 4-6 のように広域的に見れば長岡地域を中心とした人の流れになっているが、旧長岡市内での人の流れが長岡駅に集中しているかはこの図ではわからない。実際前章での地域内の人の流れからは必ずしも長岡駅を介さない移動が相当量あり、長岡駅 1 極集中のネットワークが実際には効率的には機能していないのではないかと考えられる。

そしてむしろ、前章で見出した多心的な極をなす地点に乗り換えノードを設置し、それらが長岡駅を介さずとも接続されるほうが現状の都市構造に見合ったネットワークなのではないかと考えられる。

ネットワークの分類

そこでバス路線網のネットワークをグラフ理論の考え方から分類する。グラフ理論とは頂点とそれらを結ぶ辺からなるグラフの性質について研究する数学理論であり、バス路線網の解析の場合バス停を頂点として、バス停相互を結ぶ路線を辺として扱われる。

1 つの都市内におけるバス路線網を考えると、その路線形状をネットワークとして特徴づける性質としては、

- (1) 環状路線がいくつあるか (=サイクロマチック数)
 - (2) 乗換ターミナルがいくつあるか (=次数 3 以上の点の数)
- の 2 点であると考えられる。

以上の特徴量によってバス路線のネットワークは図 4-7 のように表現できる。

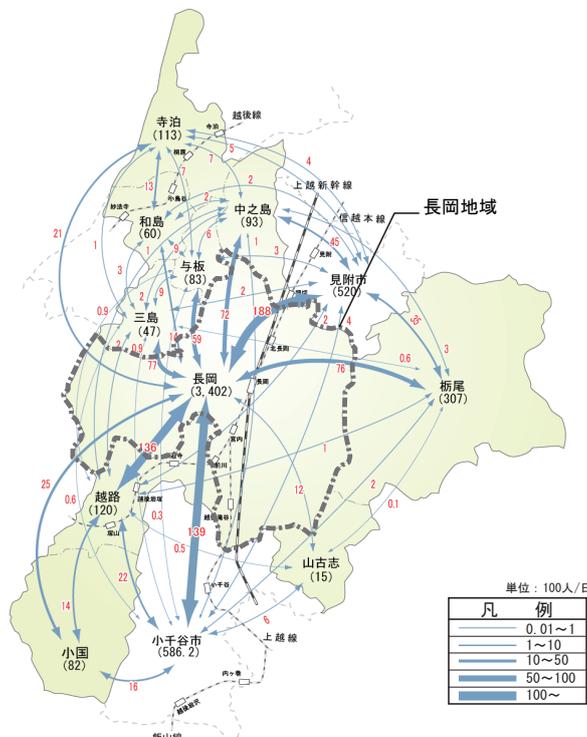


図 4-6. 長岡市の人の流れ

上記のネットワーク分類について、1つのまとまった都市という仮想的な境界内で長岡地域のバス交通を考える。

長岡のバス路線網は長岡駅を起点とした乗換ターミナルと、市街地を巡回する2つの環状線からなり分類表でいうとIVのネットワークに該当する。

(長岡バス路線網の変遷)

長岡の巡回バス路線は宅地開発の延伸と郊外の大型商店の進出に伴い、放射状の路線がカバーできないエリアを補完してできた路線である。ネットワーク分類としてはⅢ→Ⅳ→Ⅴのように変化してきている。これは長岡以外でも多くの地方都市に共通する傾向であり、地方都市の典型的なバス路線といえる。

現状は乗換ターミナルを長岡駅のみとしているが、前述の多心型都市の極となる6つの主要エリアも乗換ターミナルの候補となると考えたとき、考えられる路線形モデルは図**から次の3つとなる。

- (1) ツリーモデル (TYPE VIに対応)
- (2) 環状線モデル (TYPE VIIに対応)
- (3) 網目モデル (TYPE VIIIに対応)

それぞれのタイプについて代表的なバス路線網を作成すると図**のようになる。

人の流れが錯綜しているような都市においては、これらのような乗換ノードを用いたネットワーク、特に(3)の網目状の路線ネットワークが有効と考えられる。この詳細な評価については路線ネットワークの提案にて後述する。

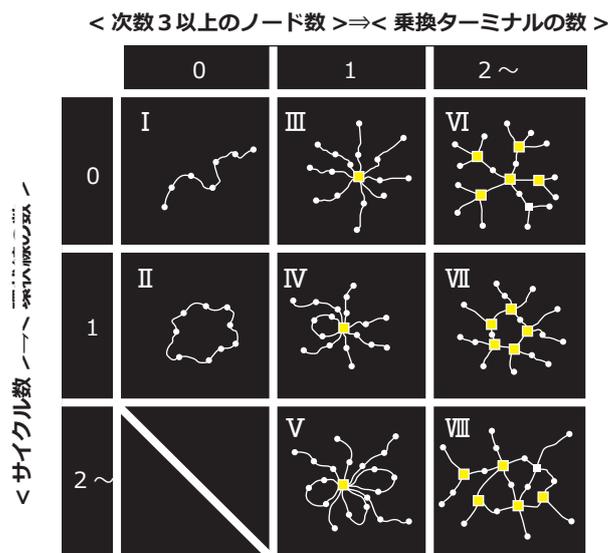


図4-7. バスネットワークの分類

交通具としてのバス車両について

ここまでバス停・バス路線網とバス交通のネットワークインフラを見てきたが、ここではそうしたネットワーク上での交通を担うバス車両について考察する。

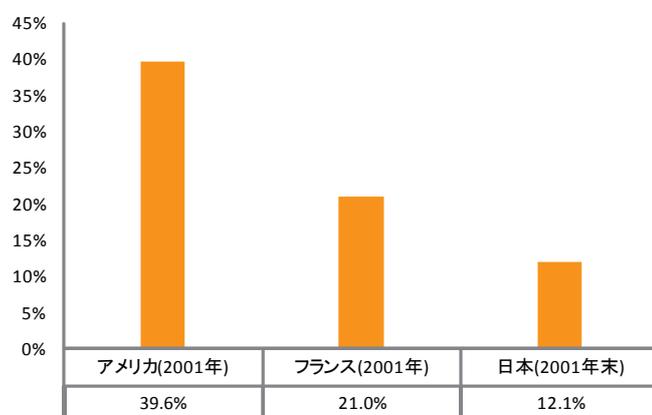
長岡市の路線バスで用いられているバス車両は、一般的な大型バス・中型バス・小型バスの3種類である。(図4-8) 3タイプのバス車両は乗車人員・車体長にバリエーションを持たせているものの、車幅は一定で2,490mmである。これを海外の車両と比較すると、BENZ社の路線バスでは2,550mmと、ほとんど変わらないことがわかる。

これに対して道路事情を海外と比較すると、下図のように日本には広幅員の道路がかなり少なくなっていることがわかる。

バス車体の平面レイアウトから言えば、車幅がこのサイズであるという必然性はない。また現状の路線バスの混雑度でいえば平均乗車密度は10人程度であり、車幅を広くする必要もない。通勤通学時の一時的な混雑でいえば、山手線のような折り畳み可能な椅子とすれば乗客数の確保は可能と考えられる。

こうしたことから、バスの車体幅をよりスリムな形状とすれば、バス専用レーンの所要幅を狭くすることができ、日本のような道路事情でも導入がし易くなることが考えられる。

国道クラスの4車線化比率の国際比較



出典：国土交通省 HP

	小型循環バス	一般的な中型路線バス	海外の路線バス
			
車名	日野KK-HR1JEEE	三菱PKG-MP35UMVF	Mercedes-Benz Citaro
幅	2,300mm	2,490mm	2,550mm
長さ	6,990mm	10,750mm	11,950mm
定員	40人	80人	106人

資料：「越後交通」(バスジャパン) 資料：三菱ふそう HP 資料：Mercedes HP

図4-8. バス車両と道路事情

バス利用者の以降

実際に長岡市のバス利用者の意向について、路線網の説明時と同じく、『長岡市公共交通基本計画(素案)』に記載のアンケート調査結果をもとに考察する。

『長岡市公共交通基本計画(素案)』のバス利用意向調査は日常的な移動実態を把握するとともに、現在の公共交通の評価並びに今後の公共交通についての市民意向を把握するために実施された調査である。(表**参照)ここで行われた調査のうち、(1)バスの利用頻度(2)路線バスの項目別満足度(3)バスの利用促進策の3つを取り上げる

(1) バスの利用頻度

バスの利用頻度を長岡地域と周辺地域に分けて集計したものが表**である。「よく利用する」と回答した割合は長岡地域では50.5%に対し周辺地域では15.5%と少なく、逆に「まったく利用しない」という回答は長岡地域の13.9%に対し周辺地域では51.2%に上り、長岡地域とその周辺で利用状況が大きく異なることがわかる。

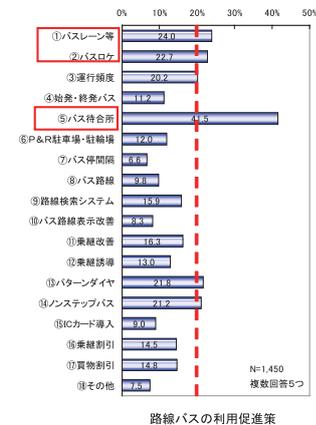
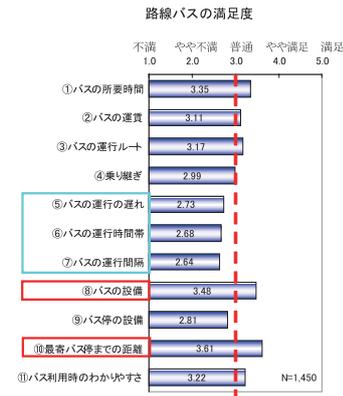
(2) 路線バスの項目別満足度

路線バスの項目別満足度は図**である。満足度の最も高い項目は「最寄バス停までの距離」となっており、本章で調査したバス停配置が人口分布に適していることに対応している。また満足度の低いものでは「バスの運行の遅れ」「バスの運行時間帯」「バスの運行間隔」の3つが大きいものとして挙げられている。

(3) バスの利用促進策

利用促進策について、特に要望の大きい項目が「バス待合所」でありバス停への環境改善の要望の高いことがわかる。またそれに次いで「バスレーン」「バスロケーション」システムといった定時性の向上、遅延情報の提供などの要望が高いことがわかる。

	割合(%)					計
	よく利用する	ときどき利用する	たまに利用	まったく利用しない	無回答	
全体	33.5	13.0	20.6	31.2	1.8	100.0
地域別						
長岡地域	50.5	16.1	19.1	13.9	0.5	100.0
周辺地域	15.5	9.5	22.7	51.2	1.0	100.0



まとめ

上記のように考察した結果、わかることをまとめると以下のようなになる

バス停の配置は現状において人口の分布によく対応している。

長岡駅 1 極集中の路線ネットワークは長岡市の都市構造にとって機能的とは言えない。

人の流れは長岡地域内での移動がメインであり、周辺地域からの移動は量的には少なく、バス交通の対策として地域内での交通を重視すべきと考えられる。

他交通機関との比較

交通手段分担率

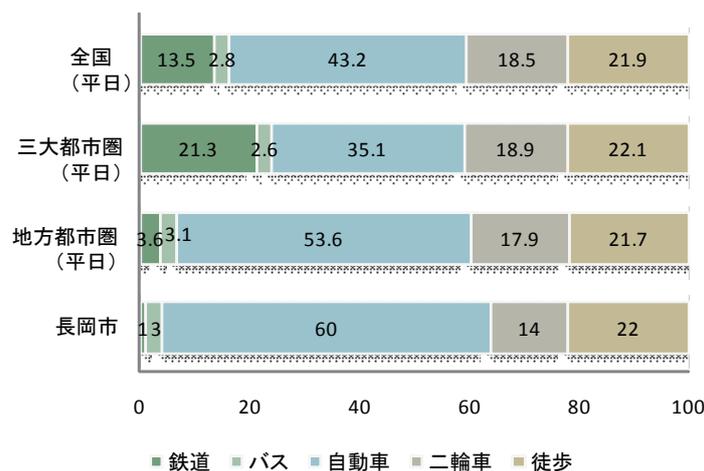
長岡市の交通手段分担率は約3%であり、自動車の60%に比べて大きく低くなっている。またこの交通手段分担率を他の都市の平均と比較すると、長岡市の分担率の構成率は地方都市圏の平均に近く、三大都市圏と比べ鉄道の分担率が低いという特徴がみられるが、バス交通に注目してみると、全てのタイプでバス交通の分担率が3%前後と低くなっている。

バス停設備の拡充やバスレーンの導入などがバス利用促進策としての要望が高くなっている。

バス交通の交通手段分担率は3%前後と低く、これは都市構造に関係なく全国的に見られる状況である。

次章ではこうした考察を元に、長岡市でのバス交通再編の具体案を提案する。

交通手段分担率の比較



資料：長岡市は H13 新都市 OD 調査報告書から、
他は H11 全国パーソントリップ調査より作成

図 4-10. 交通手段分担率の比較

第五章 長岡市バス交通再編の提案

長岡市バス交通再編の提案

バス交通再編の提案

第四章での長岡市バス交通の分析によって得られた知見から、長岡市バス交通の再編案は以下のとおりである。

提案の構成

提案1：花卉型路線網

多心都市構造の極をなす地点を乗り換えターミナルとし、それら相互を循環路線によって結ぶネットワークの提案。

提案2：より機能的でプレゼンスの高いバス停

屋根付きスペースを確保し、課金システムと乗換機能にも対応したバス停の提案。公共交通としてのプレゼンスの高いデザイン性も確保する。

提案3：バス専用レーン

バス専用の道路領域を確保することで、高速化と到着時間の信頼性を確保する。

提案4：スリムバス

専用レーンの設置が難しい日本の道路事情に対応するため車幅を従来のバスよりもスリムにしたバスの提案。

花卉型路線網

多心型路線網の概要

第4章行った路線形のスタディを元に、乗換ターミナルを分散配置した路線網を提案する。

花卉型路線網

多心型路線網の効用

乗換駅を分散配置した花びら状の路線網を提案する。花卉型路線網は図5-1のようになる。このネットワークは①各乗換駅から放射状に路線を延ばして行き、②相互の乗換駅を結び合わせることによって形成される、また乗換駅の周囲はバス停が面的に広がっているため、相互の乗換駅を結ぶ路線が複数できるため、これらを花卉状の循環路線として結び合わせたものである。(図5-1)。これは前章で多心型のネットワークタイプとして挙げた網状のネットワークに該当する。

このネットワークの特徴は移動目的のニーズが高い箇所に的確に移動できることであり、イメージとしては、相互の乗換駅から出る送迎バスのようになっている。また複数の乗換駅を結ぶことで長岡駅付近への過度の集中を防ぐことができる。

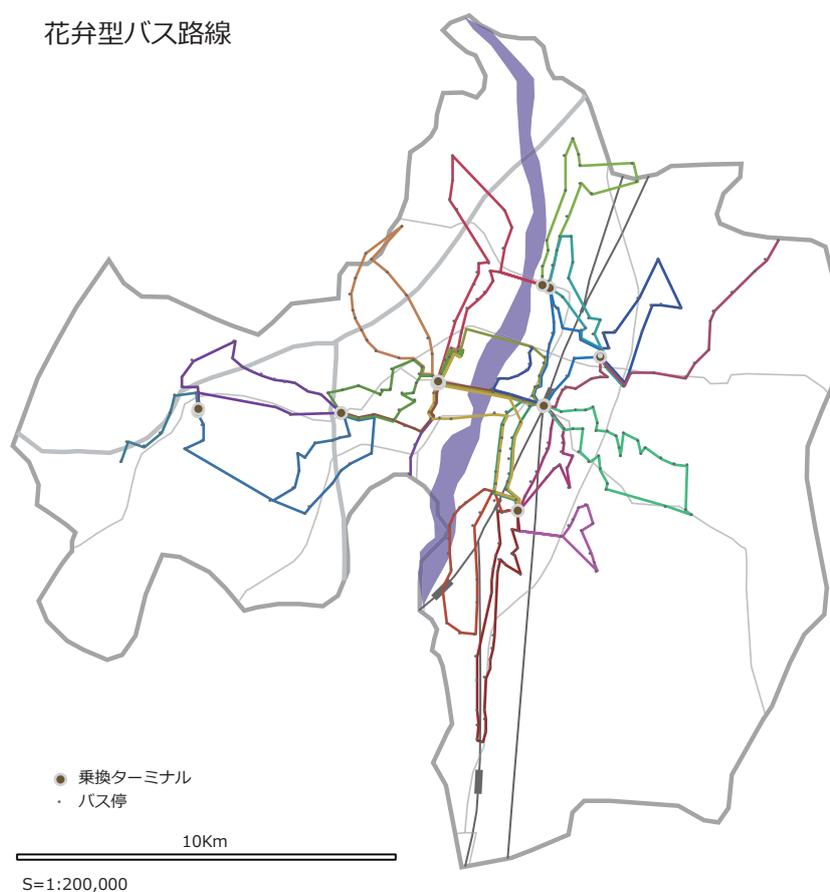


図5-1. 花卉型路線網

花卉型路線網の評価

この花卉型のネットワークの効用を評価するために長岡地域内での人の流れを全てバスによる移動に置き換えたときの効率性を比較する。

比較対象

現状の長岡地域のバス路線網と、4.1 で検討した多心型のネットワークであるツリー型の路線と環状型の路線について比較する。

比較指標

一般化費用

設定した各種の路線網同士を比較するために、費用便益分析の考え方をを用いる。費用便益分析は公共事業などで用いられる事業評価手法の一つで、投資コストに対して得られる便益を費用換算して比較する方法である。

$$G.C. = c \cdot L + w \sum_i \sum_j m_{ij} (T_{ij} + t)$$

G.C. : 設定したバス路線による一般化費用の総量 [¥]

c : 運行距離当り経費 [¥/km]

L : 設定した路線の総路線延長 [km]

w : 時間価値 [¥/h]

i : 居住地、j : 目的地

m_{ij} : i から j へのトリップ数

T_{ij} : i から j まで最短ルートの移動時間 [h]

t : 平均待ち時間 [h]

図 5-2. 一般化費用算定式

乗換ターミナルにより発生するコストは実際の建設費用に加え、乗り継ぎにより発生する待ち時間がある。さらに乗継には心理的な抵抗も伴うものであり、こうした負の便益が乗換ターミナル検討の障壁になっていると考えられる。

ここでは花卉型の路線ネットワークが乗継抵抗を補って余りある便益をもたらすものかということも併せて検討する。

一般化費用の算定式

一回の移動にかかる一般化費用は式で表すと、

(一般化費用) = (運賃) + ((移動時間) + (待ち時間)) × (時間価値) となる。

※バス路線網同士の比較であるため、移動時間にはと出発地 - バス停間とバス停 - 目的地間の移動時間は考慮しないものとした。

また、前述のように事業者便益は全て運賃に反映されるとすれば

(運賃収入) = (運行経費) ∞ 総運行情

となり、長岡地域での一日にかかる一般化費用の合計は、

$$(\text{一般化費用の合計}) = (\text{一日の運行経費}) + ((\text{平均移動時間}) + (\text{平均待ち時間})) \times (\text{時間価値}) \times (\text{総トリップ数})$$

となり、バスを用いた移動にかかる地域全体の総費用と解釈することができる。(図*)
これを数式化すると、以下のように表される。算定の詳細については巻末の付録に収録するが、計算の前提と算定の概要について簡単に説明し、算定結果を表示する。

前提

固定する条件

バス停の配置

バス停配置は 4.1 で分析したように現状の配置は人口分布に適合しているため、全タイプ共通で現状と同じバス停配置とする。

総走行距離

各タイプの路線について、同じ量の人の流れを考えると、想定する総走行距離＝運行経費は各ネットワークで同一とし、現状と同程度の走行距離にした場合と、より高密度な運行頻度とした場合の2パターンの算定条件で比較する。

一般化費用算出フロー

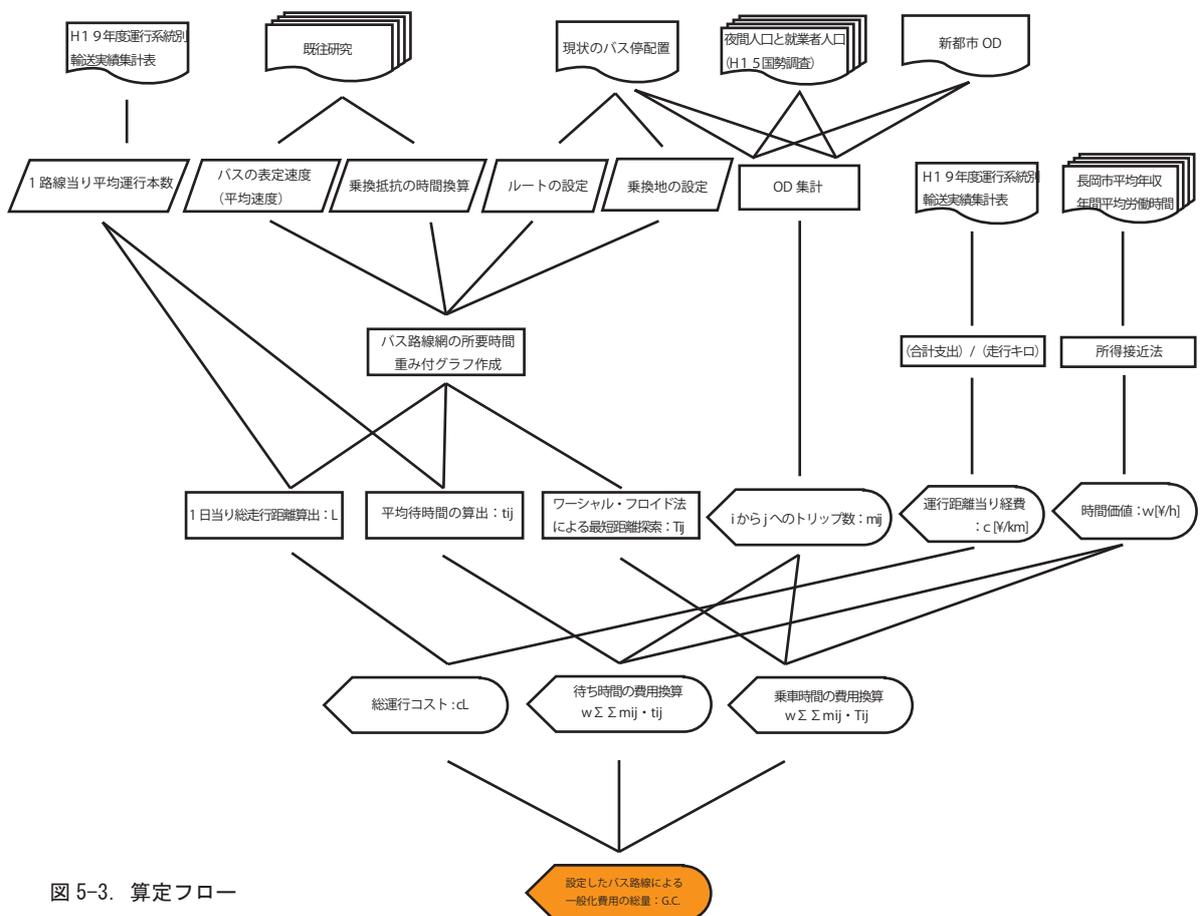


図 5-3. 算定フロー

比較対照ネットワーク

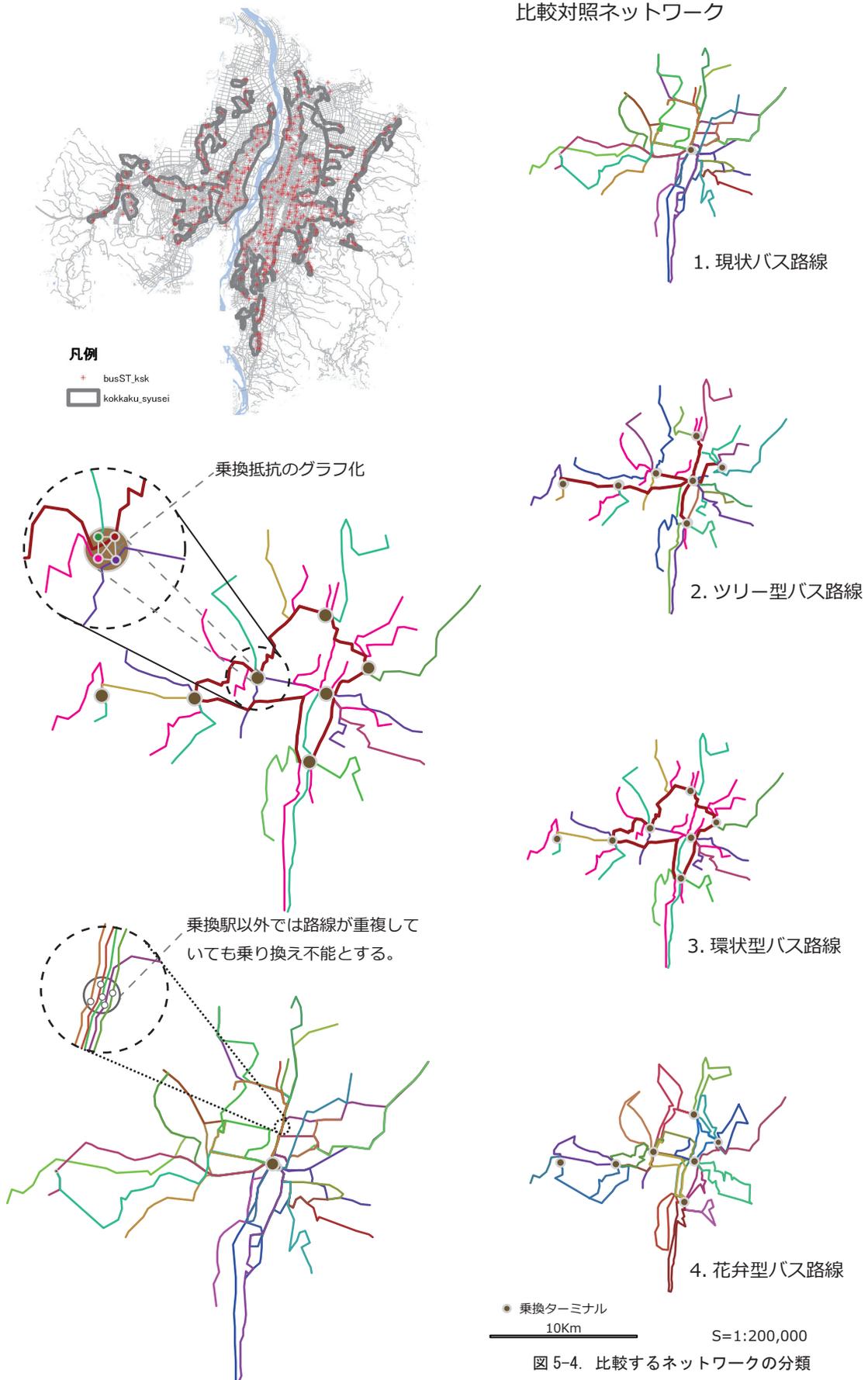


図 5-4. 比較するネットワークの分類

運行時間

一日の運行時間は6時から22時までの16時間とし、簡単のため一定の間隔で運行を行うものとする。

変化させる条件

乗換抵抗：別路線に乗り換えるときの待ち時間と心理的なコストを距離換算して移動距離に計上する。この値を変化させることによってどのネットワークが効率的であるかを検証する。

人の流れデータ

人の流れについては、3.7で分析した長岡地域のODデータと、H17国勢調査H13事業所・企業統計による町丁目別の居住人口と従業者人口のデータを用い、各バス停間の移動量を推定した。（詳細は付録に記載）

一般化費用の算出

路線網のグラフ化

各路線網をバス停をノードとし、バス停間の距離を重み付けしたエッジとしたグラフとする。このとき乗換抵抗は図5-4のようになる。重複路線については図5-4のようにし、乗換はできないものとする。

一日当たり総運行距離の設定

CASE1

一日当たりの総運行距離として、平成19年の越後交通運行実績において算出した平均運行頻度20本/日に対して現状型の路線距離を掛けたものを使用。

CASE2

CASE1よりも運行頻度を高くして、現状型の路線に対して平均30分に1本＝一日当たり32本の運行を行った場合。

運行距離当たり経費の設定

（算出方法）

平成19年の越後交通運行実績における、総支出を総運行距離で割ることによって求める。ただし今回のシミュレーションでは仮想的に交通手段分担率100%と、実際の約33倍のトリップ数があり、断面交通量もそれだけ多くなる。この影響を経費へと反映するために、上記で求めた経費の33倍を走行距離当たりの経費として用いることにする。これはイメージとしては、交通量が増えた分だけ同時に走るバスの台数を増やす、という考え方である。

この計算により、c: 運行距離当たり経費は9,926円/kmとなる。

時間価値の算定

算出方法

長岡市の時間価値を求めるために「所得接近法」を用いる。これは長岡市労働者の収入を労働時間で除したものである。算出法は表**となり、長岡市では時間価値 1,447 円/hとなる。またこの時間価値は算出の仕方から通勤・業務目的での移動時のものであり、非業務目的の時間価値はこれよりも少なくなると考えられる。非業務の時間価値は様々な算定手法が提案されているが、ここでは業務目的の時間価値の 50%として設定する。行動目的毎の時間価値を設定する。

各バス停間最短移動時間 T_{ij} の算定

重み付きグラフであらわされたバス路線網に対し、ワーシャル-フロイド法（鉄道の乗り換えルート検索などで用いられる全点間最短経路探索アルゴリズム）を用いて、各バス停間の最短距離を算出する。

平均待ち時間 t_{ij} の算定

(設定した総走行距離) / (総路線延長) で求まる平均運行回数を用いる。

運行距離当たり経費の設定

(算出方法)

平成19年の越後交通運行実績における、総支出を総運行距離で割ることによって求める。ただし今回のシミュレーションでは仮想的に交通手段分担率 100%と、実際の約 33 倍のトリップ数があり、断面交通量もそれだけ多くなる。この影響を経費へと反映するために、上記で求めた経費の 33 倍を走行距離当たりの経費として用いることにする。これはイメージとしては、交通量が増えた分だけ同時に走るバスの台数を増やす、という考え方である。

この計算により、c: 運行距離当たり経費は 9,926 円/km となる。

算定結果

以上のような設定下で各タイプの路線網の一般化費用を算出し、乗換抵抗値によってプロットしたものが図 5-6 である。

乗継抵抗

$$(\text{乗継抵抗}) = ((\text{心理抵抗時間換算値}) + (\text{平均待ち時間})) \times (\text{表定速度})$$

1. 心理抵抗時間換算値

	利用者時間制約	ターミナル施設	心理抵抗時間換算値	表定速度の想定	同距離換算値
I	あり	なし	16.6 分	17.6km/h	4.87 km
II	あり	あり	3.3 分		0.97 km
III	なし	なし	20 分		5.87 km
IV	なし	あり	11 分		3.23 km

資料: 乗継抵抗時間換算値は「乗継ターミナルにおける活動を考慮した地方都市におけるバス再編の評価に関する研究～長野市のバス路線を対象として～」(高瀬知彦, 2007)
バスの表定速度は「バスサービスハンドブック」より

2. 平均待ち時間

平均待ち時間を10分と想定 → 距離換算2.93km

図 5-5. 乗換抵抗

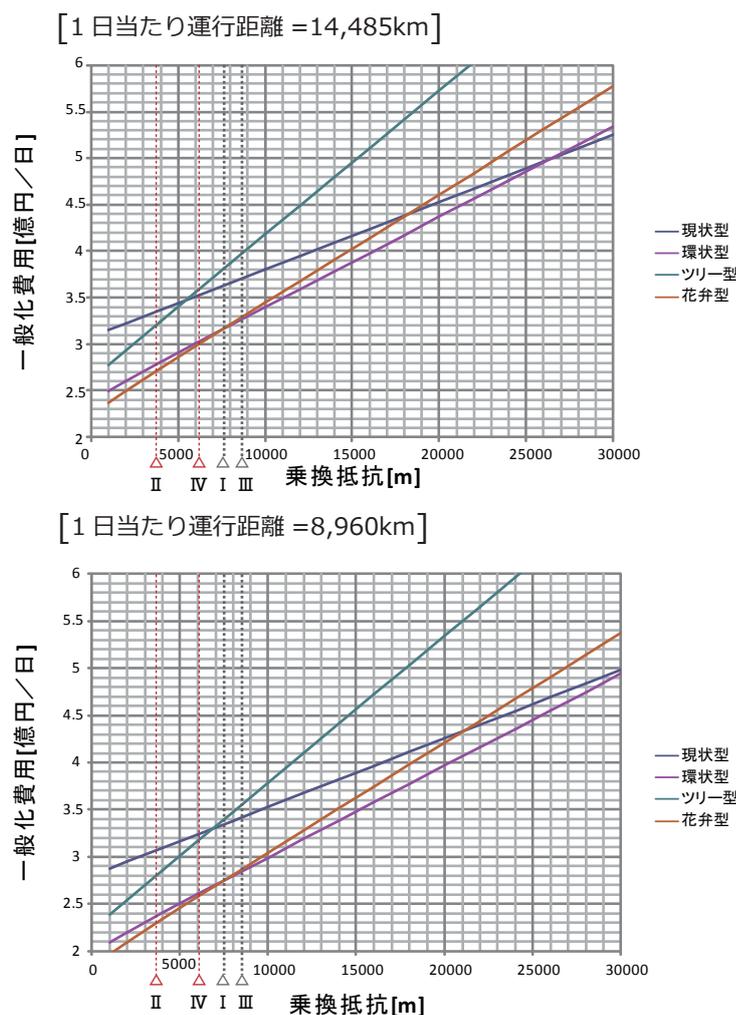


図 5-6. 算定結果

考察

図 5-6 の算定結果から CASE1・CASE2 とともに

現状型の路線形が花弁型よりも効率的なネットワークになるのは乗換抵抗が 20 km を越えたあたりからである。

花弁型のネットワークは乗換抵抗 7,500 m 以下のときにもっとも効率的となる。

長野市でバス交通の乗り換えターミナル設置効果を研究した「乗継ターミナルにおける活動を考慮した地方都市におけるバス再編の評価に関する研究～長野市のバス路線を対象として～」(高瀬知彦, 2007) ではバスによる乗り換えの心理抵抗を、アンケート調査によって時間換算して推定している(表 5-5)。本論文ではターミナル施設を整備したときの心理抵抗は時間制約のある時で 3.3 分、時間制約のない場合で 11 分としている。今回の計算での乗換抵抗は(心理抵抗) + (乗継にかかる待ち時間)としているため、平均的な乗り継ぎ時間として 10 分を想定するとそれぞれ 13.3 分、21 分となっており、これをバスの表定速度 17.6km/h で距離換算すると 3.9km、6.16km となり、いずれの抵抗値においても花弁型のネットワークが最も効率的であることがわかる。またターミナル施設がない場合でも花弁型と環状型ではほぼ同値となっている。

提案2：中央走行バス専用レーン

バス専用道路の提案

2.6でBRTの事例を紹介し、バスによる高速輸送にはバス専用の道路が不可欠であることを確認した。

実際には日本ではこの専用道路を導入している事例は名古屋市のガイドウェイバスや北九州市の路線バスなど極めて少なく、国土交通省の「地域公共交通の活性化・再生について」(H19年)において提唱されている「日本型BRT」でも接続バスやPTPS(公共車両優先システム)について紹介しているものの、専用道路については触れられていない。現在の長岡市を始めとして現在さまざまな路線バスに取り入れられているバス専用レーンは、物理的に一般車両を規制せず通勤通学時間帯など混雑時に限ってバス専用の走行空間とする制度上の専用道路とするシステムになっているがほとんど機能していないのが実態である。その理由としてはそうした制度上のバスレーンはバス停との接続上、道路の端側に設置されるため、結局一般車両の一時駐車によってバスの走行が妨げられてしまうためである。

「バスでまちづくり」著者の中村はこうした事情に日本の法制度上の問題があるとしているが、こうした事情の根底には日本社会に根付いた自動車優先の思想が存在すると考えられる。

1. BRT導入コストの試算

		路線km当り単価	導入路線長の想定		BRT導入コスト
CASE1	米国会計検査院	10.12 億円	28.4 km	→	287.4 億円
CASE2	名古屋市(新出来線)	2.4 億円	28.4 km	→	68.2 億円

BRT導入単価:「大都市圏のバスの活性化策について」(国土交通省)

2. 社会的費用による妥当性検証

自動車からバスへのモーダルシフト1%当たりの年間社会的費用節減額 67305140 円

	社会的費用の効果	利益発生までの期間(年)	
		CASE1	CASE2
10%のモーダルシフト	6.7 億円	42.7	10.1
20%のモーダルシフト	13.5 億円	21.4	5.1

提案4：スリムバス

スリムバス路線の意義

4.1. での道路事情の分析から、車幅を 1.6 m と通常の 2.3 m よりもスリム化したバスの導入を提案する。

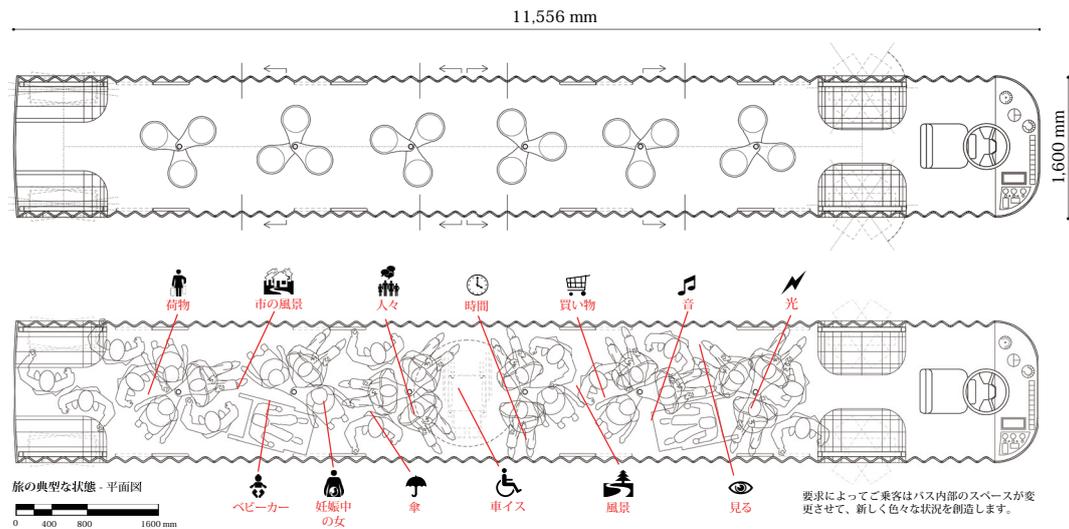
このスリムバスの主な特徴は

- (1) 1.6 m のスリムな車体と OGS（光学誘導装置）により、走行可能な最低横幅が 2.0 m であること。
- (2) 花びら状の可動ベンチを真ん中に置き、スリムながらも乗車可能人数は最大 60 人となっていること。
- (3) 駆動方式は燃料電池による 4 輪独立駆動方式で、OGS（光学誘導装置）により半自動運転が可能となり、運転手の業務負担を減らすことが可能になること。
- (4) メインストラクチャーと設備システムを車体上部に集中することによる大開口と低床化。

である。

このスリムバスによって、狭隘な道路でも乗車人数を損ねることなく走行することが可能で、バスレーンの設置が可能な道路の選択肢が格段に高くなる。

また、道路拡幅が必要な場合でもコストと負担を減らすことが可能な提案である。



通常バス

スリムバス

車体寸法:
 全体の長さ.....10925 mm
 全体の横幅.....2490 mm
 全体の高さ.....2925 mm
 最低地上高..... 340 mm
 ホイールベース.....5355 mm
 最小回転半径..... 9000 mm

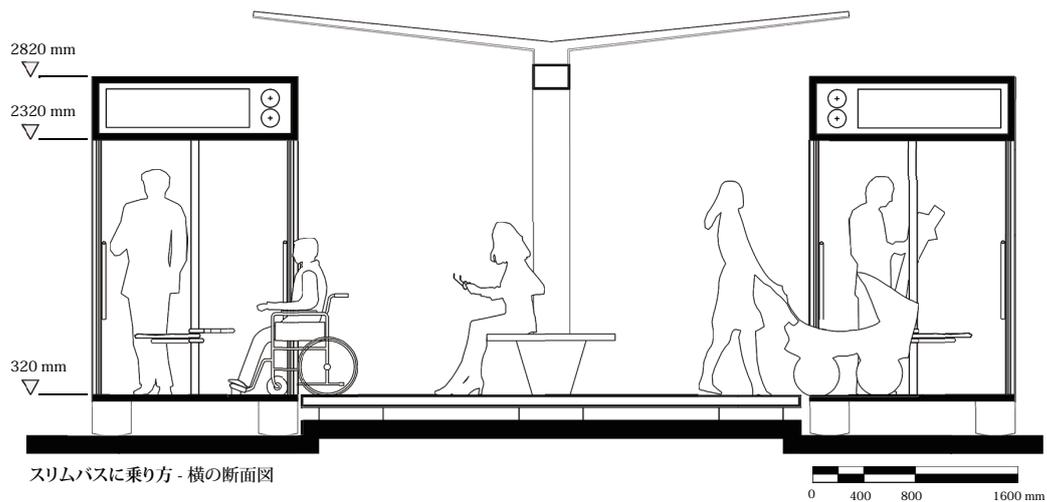
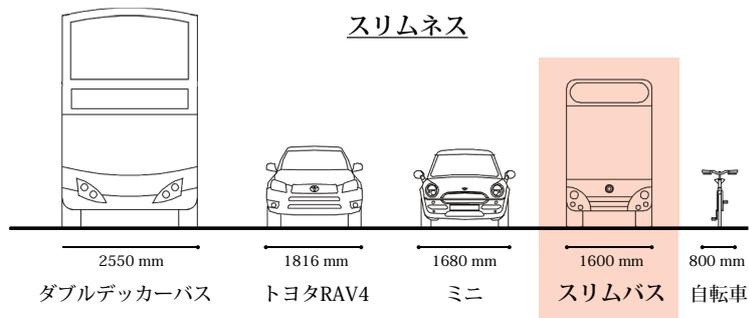
車体寸法(通常バスより32%少なく):
 全体の長さ.....
 全体の横幅.....
 全体の高さ.....
 最低地上高.....
 ホイールベース.....
 最小回転半径.....

ドア数.....2つ

ドア数.....(左)4つ/(右)4つ

乗車定員:
 座席数.....31人
 立ち席数.....24人
 車イス.....2台

乗車定員:
 座席数.....18人 (ラッシュアワーに: 6人)
 立ち席数.....26人 (ラッシュアワーに: 54人)
 車イス..... 5台まで

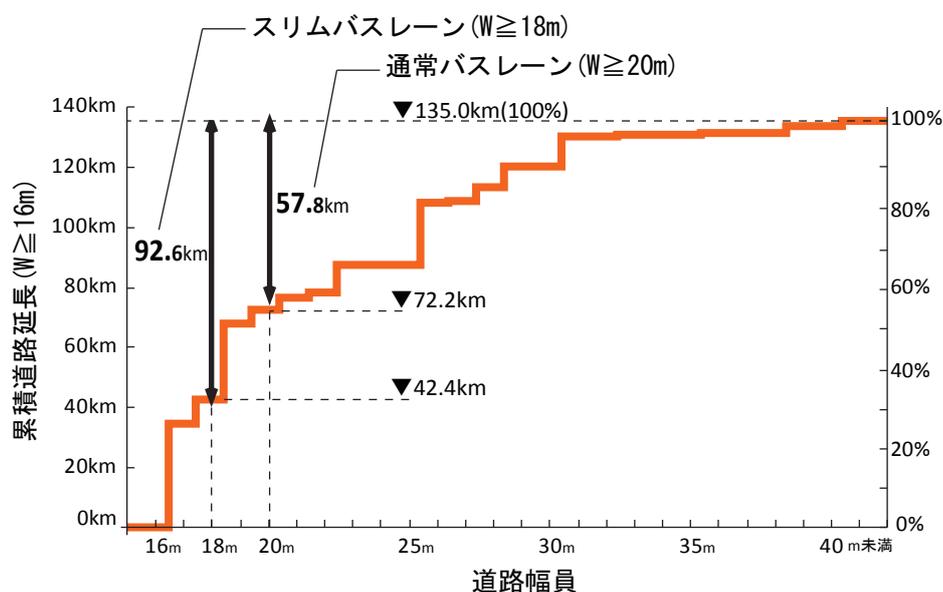


下げた荷台と光学誘導装置は乗り場のとても近くに接近することを許します。だから、みんなのご乗客、子供たち、車イスで人たち、お年寄り、ベビーカーでお母さんなどは容易にバスに乗れます。

スリムバス導入の効果

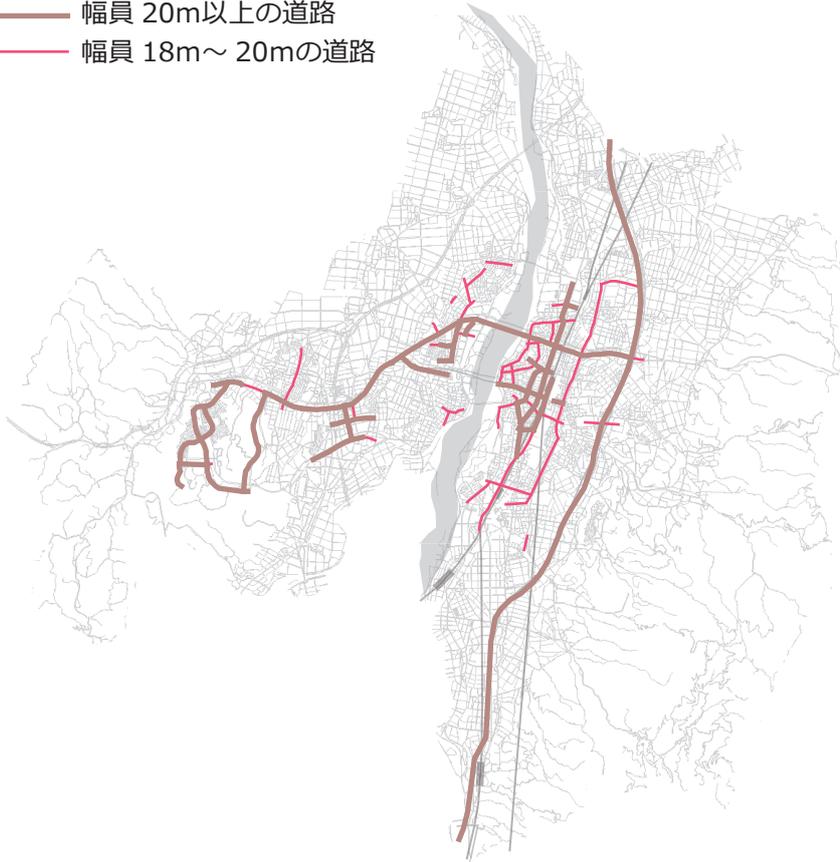
スリムバスを用いると、中央走行式の専用バスレーンは車体幅と光学誘導装置により最低18mの道路幅員があれば導入可能と考えられる。通常のバスレーンの幅は約3mであり、左右2車線分で約2m必要幅員を抑えることができるようになる。実際この効果が長岡地域においてどのくらいになるかを試算する。長岡地域の幅員16m以上の道路延長と道路幅員を「zenrinZmaptown II 2003」をCAD上で調べ、横軸に道路幅員をとって、その道路幅員未満の道路延長をプロットしたグラフが下図である。(詳細データ付録に記載)また道路幅員毎の道路配置は下図である。このグラフから、道路幅員20m以上の道路延長は57.8kmなのに対し、幅員18m以上の道路は92.6kmあり、スリムバスによってバスレーン設置可能道路延長が約1.6倍増えることがわかる。このことからスリムバス導入の意義は大きいといえる。

長岡地域でバスレーンの設置可能な道路延長の比較



専用バスレーン設置可能箇所比較

- 幅員 20m以上の道路
- 幅員 18m～20mの道路



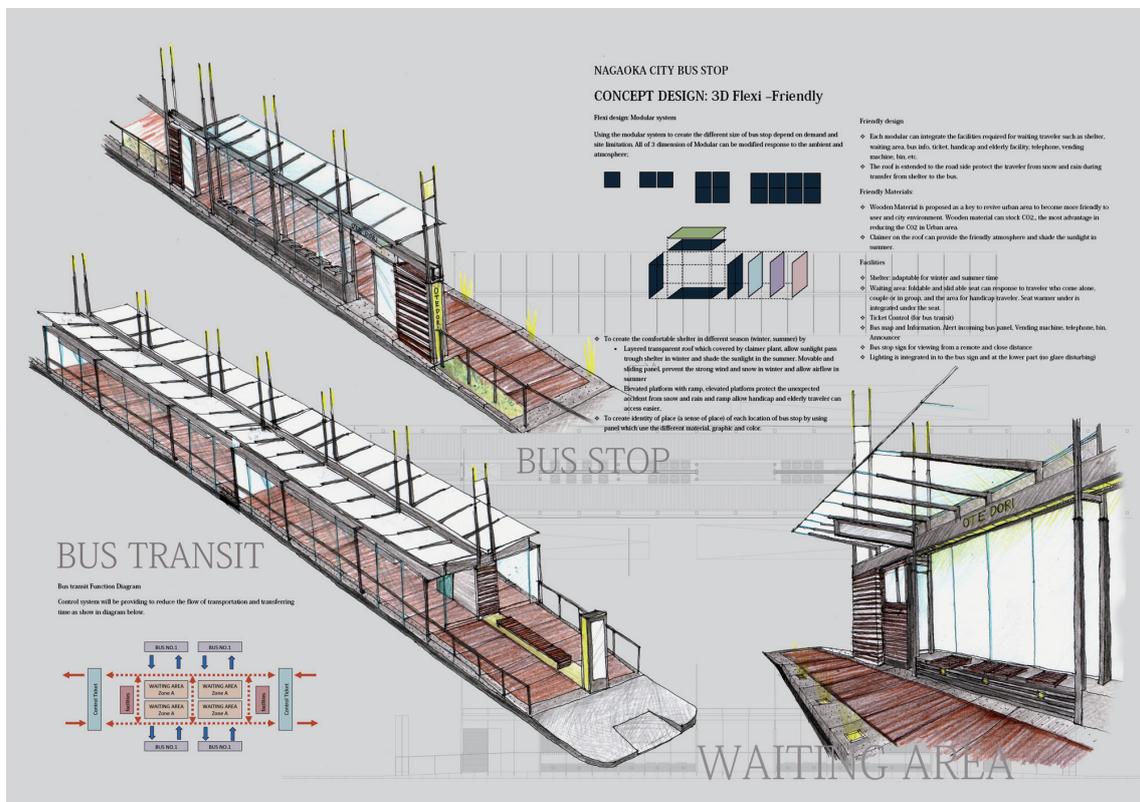
s=1:200,000

10Km

より機能的でプレゼンスの高いバス停

4.1. での分析から、より機能的でプレゼンスの高いバス停を提案する。また提案1で行った花卉型路線網のように、乗換機能も想定したバス停も提案する。

提案するバス停は3タイプあり、(1)バス交通のメインをなすようなバス待合スペース。乗換機能を有し、デザイン的にもプレゼンスの高い物とする。(2) ローコストながら屋根付きでデザイン性の高いバス停



まとめ

これら4つの提案を複合的に導入することにより、長岡市のバス交通のパフォーマンスは最大化され、公共交通の持つ本来のポテンシャルが発揮されると考えられる。

第六章 長岡の縮小都市像

長岡市の縮小都市像

本章ではバス交通再編を通じたコンパクトシティ化の可能性を検討する。

ここで想定するコンパクトシティ化とは現在の地方都市において検討されているような、鉄道駅の駅前地区を中心としたコンパクト化のことでなく、これまで見てきた多心的な都市構造を活かしたコンパクト化である。前章で提案した専用レーン付のBRTを導入しサービス密度の高い公共交通サービスが提供されるようになると、専用バスレーン付の路線沿いはモビリティ上の付加価値が付き、都市機能集積の誘因材料となることが考えられる。実際ブラジルのクリチバ市などでは専用バスレーン付BRT機能を持った幹線沿に集中的な都市開発を誘導することに成功している。ここでは長岡市に専用バスレーンを導入してコンパクト化のインセンティブとして機能させた場合に、どういった縮小の都市像が想定できるかということ、建物寿命による自発的な住み換えと人口減少という側面から試算する。

そのための本章で行う試算は以下の通りである。

1. バスレーンルートの想定

現状の長岡市の道路状況から設置の可能性のあるルートを3TYPE選り出し、それぞれのルートの周囲の人口を調査する。

2. 2050年まで都市域縮小の推進と自発的な住み換えによるコンパクト化

極端な想定として、現状の土地利用ライン外での建築行為を制限し、かつ2050年までに現在の土地利用ライン内へ全員移住することを想定

2050年までに建物寿命（ここでは統計的な建て替えまでの期間を寿命としており物理的な建物の寿命という意味ではない）による自発的な住み換え時に、バスレーン周囲へと移住する確率が増えた場合、2050年までの住み換えで人口構造がどのように変化するかを試算する。

バスレーンルートの想定

前提

バスレーンは多心型の極を通過するものとする。

ただしニュータウンは除く。ニュータウンは遠最も近い長岡インターチェンジまででも4.7kmありコンパクト化としての機能を意味しなくなるため。

コンパクト化を導くバスレーンは基本的にループをなすものとする。

5章での提案2 花卉型路線網でも確認したように、都市内での移動が錯綜する場合にはループを組み合わせたネットワークが交通量の効率的で、交通量の一極集中も防げるため。

こうした前提のもとに、スリムバスを導入したときにバスレーン設置可能な長岡の道路と多心構造の極となる乗換ターミナルの配置は図**のようになる。ここから、ループ状のバス連ネットワークとして3つの候補を取り上げる

TYPE1：大きな循環線 + 中央を東西に接続するパターン

TYPE2：中型のループを組み合わせるパターン

TYPE3：小型のループを組み合わせるパターン

それぞれのバスレーンの路線長・拡幅必要な路線長・周囲300m圏の面積・通過する

橋梁の数などを図**にまとめた。

バスレーンの比較

TYPE名	構成	通過する 橋梁数	拡幅必要 道路延長	300m 圏内面積	300m圏内 人口(人)
TYPE1	環状線(大) × 1	3	11.7km	145km ²	居住者人口 57,457人
	往復路線 × 1				(路線長当) 2,025人
	路線長 28.3km				従業者人口 41,907人 (路線長当) 1,477人
TYPE2	環状線(中) × 2	2	3.5km	148 km ²	居住者人口 60,553人
	往復路線 × 1				(路線長当) 1,989人
	路線長 30.4km				従業者人口 47,869人 (路線長当) 1,572人
TYPE3	環状線(小) × 4	2	109km	172 km ²	居住者人口 70,372人
	路線長				(路線長当) 2,091人
	路線長 33.6km				従業者人口 54,005人 (路線長当) 1,605人

図 6-1. 比較表

コンパクト化の試算

設定した各ルートに対し人口分布と用途別のストックの移動量を検討する

土地利用ラインの設定

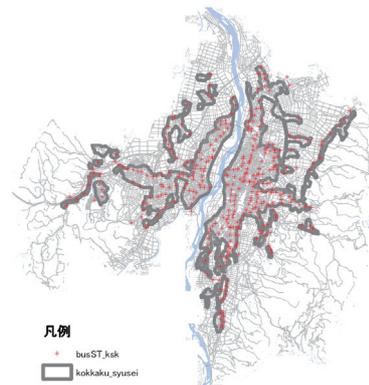
簡単のため、ここでは専用レーンラインから 300m オフセットライン以内をコンパクト化誘導地域として考える。

この 300 m の根拠は前述の「バスサービスハンドブック」による通常の人々の 90% の人が苦に感じない徒歩圏の距離である。

また開発制限を掛ける土地利用ラインは 3 章での土地利用現況図から見出した現況の土地利用区域ライン (図**) とする。

建て替えの想定

コンパクト化に伴う新規建設は、建物の寿命などによって自然に建物廃棄となった土地について行うものとする。実際は中心市街地など細分化された土地の再編成といった問題が考えられるが、これについては常に理想的な形で土



地の再編成が進むという前提で算定する。

建て替えに伴う人口の移動の想定について

ここではゾーンを4つに分ける。現状の土地利用ラインの内外と、バスレーンから300m圏の内外である。それぞれについて建て替え時の行動として単純化した想定として、住み換え時には7割の人がAバスレーン圏内に移住し、3割の人がB土地利用ライン内に住み換わるものとする。

こうした想定の下に、人口構造の変化が起こった場合の2050年にどういった人口比率、

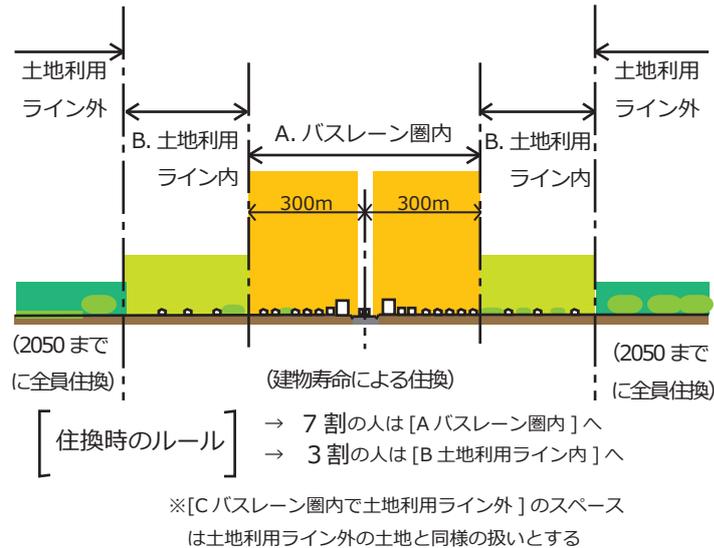


図 6-2. バスレーンの設定

土地利用の状態になるかを試算する。

試算の主なポイントは

住居系の容積率。

ゾーン毎の人口密度、緑地・道路率。

算定の前提

用途別床面積比率

前提として伊藤の論文中での現状の長岡市の床面積比率を用いる。居住人口1人当たりの床面積は50㎡/人とし、商業系・工業系・公共系の床面積はエリア内の住居系の床面積に比例すると仮定した。

容積率の設定

住居系.. 既存の住宅は全て容積率50%木造戸建住宅に設定。新規建設の住居系はバスレーン300m圏内の場合、容積率150%の非木造共同住宅と容積率50%の木造戸建て住宅を居住人口密度に応じて設定する。

業務系.. 既存、バスレーン300m圏外の新規建設ともに非木造、容積率50%とし、バスレーン300m圏内の新規建設は全て容積率150%とする。

工場・公共系.. 既存、新規建設ともに非木造の容積率50%とする。

緑地・道路率の設定

緑地・道路率は各ゾーンの土地面積のうち住居・業務・工場・公共系の土地面積を差し引いたものの割合である。ゾーン毎の緑地・道路率の下限は30%とし、バスレーン300

m圏内の住居系の容積率はこの下限値以上になるように調節する。
人口減少の割合

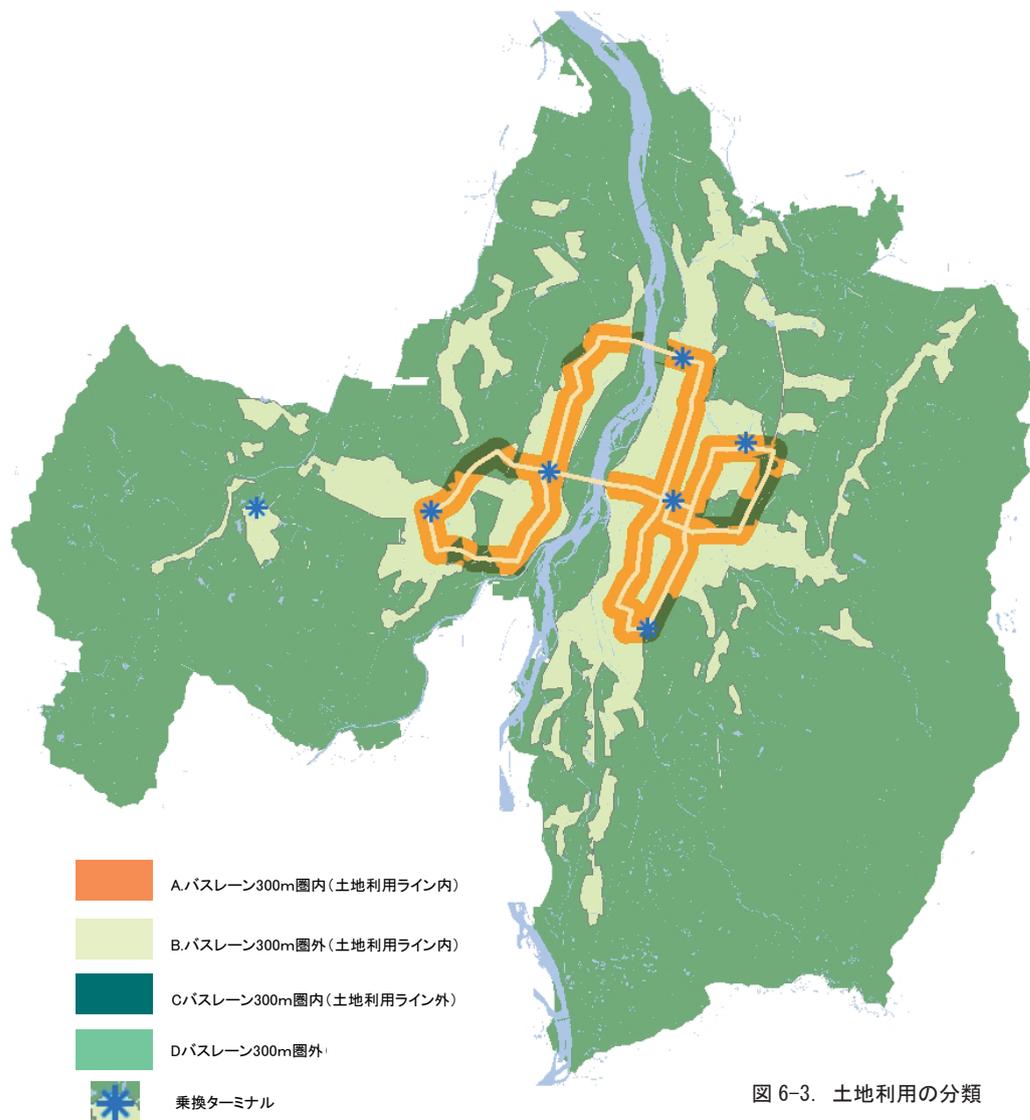


図 6-3. 土地利用の分類

2050年時点の人口は伊藤による試算で用いた数値を用い、長岡市全体で現状の67.9%という割合を長岡地域内でも使用する。これは地域間での人口の流出入を0とした閉鎖系の人口モデルである。(大野研究室伊藤友隆の修士論文より引用)

社会増減を設定しない理由

今回の試算では、他都市からの人口流入および他都市への人口流出は考えない。

通常の自治体による人口推計は将来的な人口の流入によって、今後の人口減少を少なく見ることが多い。

しかし今後の人口減少はどの都市でも平等に起こることであり、一旦はそれぞれの都市が社会増を考えない人口の縮小をに対する都市づくりをし、その上で都市間競争による人口の移動が起こると想定すべきだという考えに基づいている。

2050年までに残存する建物の割合

2050年までに残存する建物の比率は木造建築で12%、非木造建築で40%としている。
(大野研究室伊藤友隆の修士論文より引用)

農村について

農林業系の土地利用についてはここでは考慮しない。現実には土地利用ライン外の農村の取扱いをどうするかという問題があり、これも重要な問題ではあるが、今回は都市域での人口構造を取り扱うため別に取り組みべき問題とした。

算定結果

3TYPEのバスレーン候補に対し人口構造の変化によってどのようなコンパクトシティができるのかを試算したものが図**である。

土地利用ライン外でバスレーン圏内の土地利用について

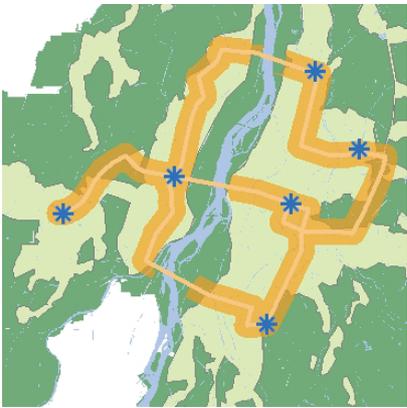
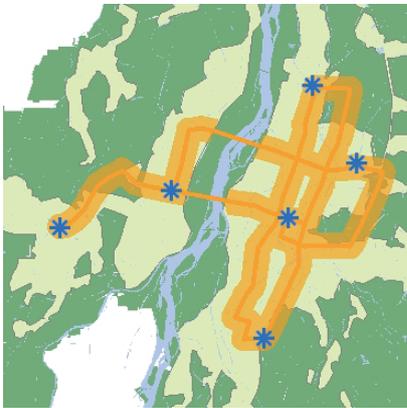
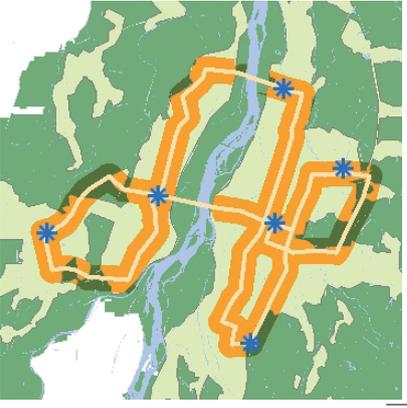
		現状人口 (人口密度)	2050人口 (人口密度)
	TYPE1 環状線(大) × 1 往復路線 × 1	53,271 人	90,047人
	路線長 28.3km	44.8 人/ha	75.7 人/ha
	300m圏内 面積 14.5 km ²	87,911 人	46,401人
	拡幅必要 道路延長 11.7km	25.0 人/ha	13.2 人/ha
	通過する 橋梁数 3	4186 人	0 人
		15.8 人/ha	0 人/ha
		50,398 人	0 人
		2.4 人/ha	0 人/ha
	TYPE2 環状線(中) × 2 往復路線 × 1	55,972 人	90,372 人
	路線長 30.4km	46.8 人/ha	75.5 人/ha
	300m圏内 面積 14.8 km ²	85,210 人	46,077 人
	拡幅必要 道路延長 3.5km	24.3 人/ha	13.2 人/ha
	通過する 橋梁数 2	4,581 人	0 人
		15.9 人/ha	0 人/ha
		50,003 人	.0 人
		2.3 人/ha	0 人/ha
	TYPE3 環状線(小) × 4	65,977 人	91,572 人
	路線長 33.6km	45.7 人/ha	63.4 人/ha
	300m圏内 面積 17.2 km ²	75,205 人	44,877 人
	拡幅必要 道路延長 10.9km	23.1 人/ha	13.8 人/ha
	通過する 橋梁数 2	4395 人	0 人
		15.5 人/ha	0 人/ha
		50,189 人	0 人
		2.4 人/ha	0 人/ha

図6-4. 試算結果

今回の試算ではこのゾーンは開発の対象外とし、全人口が他のゾーンに流出する設定とした。

この結果土地利用ライン内の人口密度と土地利用面積、道路・緑地率は以下のようになる

2050年時のゾーン毎の人口構成は type 1 の場合バスレーン圏内と圏外でそれぞれ 90,047 人 (66%)、46,401 人 (34%)、type 2 の場合バスレーン圏内と圏外でそれぞれ 90,372 人 (66%)、46,077 人 (34%) となり、type 3 の場合バスレーン圏内と圏外でそれぞれ 91,572 人 (67%)、44,877 人 (33%) となった。

ゾーン毎の人口密度：バスレーン圏内人口密度は type 1 で 75.7 人/ha (11.90km²)、type 2 で 75.5 人/ha(11.97km²)、type 3 で 63.4 人/ha(14.4km²)となった(かっこ内はゾーン全体の土地面積)。土地利用ライン内でバスレーン圏外の人口密度は type 1 で 13.2 人/ha、type 2 で 13.2 人/ha、type 3 で 13.8 人/ha となった。

現状の長岡地域の DID 人口密度は 55.5 人/ha (22.02km²) であるから、それよりも 1.2 ~ 1.3 倍高密度化し、面積は 0.5 ~ 0.6 倍とコンパクト化する。ちなみに DID 人口密度でいうと 75.7 人/ha は広島市や堺市に相当し、63.4 人/ha は金沢市や青森市の DID 人口密度に相当する。

バスレーン圏外の人口密度は TYPE1 では 13.2 人/ha (35.1km²) ,TYPE2 では 13.2 人/ha (35.0km²) ,TYPE3 では 13.8 人/ha (32.6km²) となった。

バスレーン圏内の住居系新規建設容積率：type 1 で 90% type 2 で 90%、type 3 で

	居住人口	2050居住人口		2050残存床面積 (ha)	2050床面積 (ha)	内新規建設 (ha)	新規容積率	
TYPE1	53,271 人	90,047 人	住宅	31.1	439.2	408.1	90%	
			業務	16.9	71.5	54.6	150%	
			工場	27.0	114.3	87.3	50%	
			公共	27.2	11.5	8.7	50%	
	A.バスレーン300m圏内	87,911 人	46,401 人	住宅	51.4	226.3	174.9	50%
			業務	27.9	36.8	8.9	50%	
TYPE2			工場	44.6	58.9	14.2	50%	
			学校	4.4	5.9	1.4	50%	
	B.バスレーン300m圏外	55,972 人	90,372 人	住宅	32.7	440.8	408.1	90%
			業務	17.7	71.8	54.0	150%	
			工場	28.4	114.8	86.3	50%	
			学校	2.8	11.5	8.6	50%	
A.バスレーン300m圏内	85,210 人	46,077 人	住宅	49.8	224.7	174.9	50%	
		業務	27.0	36.6	9.5	50%		
TYPE3			工場	43.2	58.5	15.2	50%	
			学校	4.3	5.8	1.5	50%	
	B.バスレーン300m圏外	65,977 人	91,572 人	住宅	38.6	446.7	408.1	68%
			業務	20.9	72.7	51.8	150%	
			工場	33.5	116.3	82.8	50%	
			学校	3.3	11.7	8.3	50%	
A.バスレーン300m圏内	75,205 人	44,877 人	住宅	44.0	218.9	174.9	50%	
		業務	23.9	35.6	11.7	50%		
TYPE3			工場	38.2	57.0	18.7	50%	
			学校	3.8	5.7	1.8	50%	

68%となる。type 1、2 の容積率 90%は、戸建ての木造住宅 (容積率 50%) と非木造共同住宅 (容積率 150%) の土地面積比率でいうと (共同住宅) : (戸建住宅) = 2 : 3、床面積比率でいうと (共同住宅) : (戸建住宅) = 2 : 1 となり、3 人に 2 人が共同住宅に移り住む計算になる。また type 3 の容積率 68%は土地面積比率でいうと (共同住宅) : (戸建住宅) = 9 : 41、床面積比率でいうと (共同住宅) : (戸建住宅) = 27 : 41 となり、5 人に 2 人が共同住宅に移り住む計算になる。

ゾーン毎の緑地・道路率：緑地・道路率はバスレーン圏内では全タイプ下限値の 30%

	居住人口	2050居住人口		現状土地利用 (ha)	現状緑地道路率	土地面積 (ha)	2050緑地道路率
TYPE1	53,271人	90,047人	住宅	519.8	37%	453.4	30%
			業務	84.7		36.4	
	工場	135.3	174.6				
	公共	13.6	17.6				
TYPE2	87,911人	46,401人	住宅	857.7	65%	349.8	81%
			業務	139.8		17.9	
	工場	223.4	28.6				
	公共	22.5	2.9				
TYPE3	55,972人	90,372人	住宅	546.1	34%	453.4	30%
			業務	89.0		36.0	
	工場	142.2	172.7				
	公共	14.3	17.4				
TYPE1	85,210人	46,077人	住宅	831.4	66%	349.8	81%
			業務	135.5		19.1	
	工場	216.5	30.5				
	公共	21.8	3.1				
TYPE2	65,977人	91,572人	住宅	643.7	35%	600.2	30%
			業務	104.9		34.5	
	工場	167.6	165.6				
	公共	16.9	16.7				
TYPE3	75,205人	44,877人	住宅	733.8	67%	349.8	81%
			業務	119.6		23.5	
	工場	191.1	37.6				
	公共	19.2	3.8				

となった。またバスレーン圏外では全てのタイプで81%となった。

土地利用ライン外のバスレーン圏内の人口について

	居住人口	2050居住人口		現状土地利用 (ha)	現状緑地道路率	土地面積 (ha)	2050緑地道路率
TYPE1	53,271人	90,047人	住宅	519.8	37%	453.4	30%
			業務	84.7		36.4	
	工場	135.3	174.6				
	公共	13.6	17.6				
TYPE2	87,911人	46,401人	住宅	857.7	65%	349.8	81%
			業務	139.8		17.9	
	工場	223.4	28.6				
	公共	22.5	2.9				
TYPE3	55,972人	90,372人	住宅	546.1	34%	453.4	30%
			業務	89.0		36.0	
	工場	142.2	172.7				
	公共	14.3	17.4				
TYPE1	85,210人	46,077人	住宅	831.4	66%	349.8	81%
			業務	135.5		19.1	
	工場	216.5	30.5				
	公共	21.8	3.1				
TYPE2	65,977人	91,572人	住宅	643.7	35%	600.2	30%
			業務	104.9		34.5	
	工場	167.6	165.6				
	公共	16.9	16.7				
TYPE3	75,205人	44,877人	住宅	733.8	67%	349.8	81%
			業務	119.6		23.5	
	工場	191.1	37.6				
	公共	19.2	3.8				

今回の算定では各TYPE約2.8km²のこのゾーンについてすべての人が移住するという設定をしたが、このゾーンは交通インフラによる付加価値のついた場所であり、新規都市開発の用地として将来的な利用も可能である。仮にこのゾーンを新規開発して土地利用ライン内でバスレーン圏内と同程度の人口密度にすると仮定した場合、約2万人が居住可能である。今回は長岡地域内での人口を対象としていたが、長岡市全体で考えると、長岡市の人口のうち都市計画区域外に居住する人口は約5万人おり、2050年には約3.4万人となるため、人口で見ればこの内の約60%がバスレーン圏内に居住可能となる。

土地利用ライン外の移住について

今回の試算では土地利用ライン外のゾーンについては建て替えの起こらない住宅についてもすべて移住すると仮定した。それは現状でも約2人/haという人口密度の中で自然減で2050年までに88%の人が建替による移住をした場合、新規建設なしではこのゾーンの生活圏は成立せず、全居住者が他の都市域へと移住すると考えたためである。

考察

バスレーン圏内

この試算では全 TYPE において、バスレーン圏内のエリアは人口密度 63～75ha、面積は 11～14km²となり、現在の DID よりも 1.2～1.3 倍高密度化し、面積は 0.5～0.6 倍とコンパクト化することから、都市機能の集積したエリアが形成できる。

各タイプ別に見ると、TYPE 1、TYPE 2 では建替により移住する人口の 3 人に 2 人は集合住宅へと移住することになるため、集合住宅中心の街づくりとなり、TYPE 3 では集合住宅に移住するのは 5 人に 2 人のため比較的戸建て住宅よりの街づくりとなる。

バスレーン圏外

全タイプにおいてバスレーン周囲のエリアでは人口密度約 13 人/ha、緑地・道路率 81%となり、低密で緑地の多い住宅街が形成される。

全体

全体的には居住者 13.6 万人のうち人口比で 3 分の 2 の人口が約 14km²のバスレーン圏内に居住し、残りの 3 分の 1 の人口がその周囲の約 35km²の低密な住宅エリアに居住することになり、建て替えによる移住を通じてコンパクトシティが形成されたといえる。

多心型コンパクトシティ像

上記の試算によって 2050 年までに形成されるコンパクトシティについて、具体的な都市像についてその特徴と、実現への課題として考えられることを挙げる。

バスレーンを軸とした比較的高密なエリア

(特徴)

軸となるバスレーンはルートの想定時に検討したように、多心的な都市の極をなす地域相互をループ状に取り結ぶネットワークである。したがってこのエリアは多心的な都市機能を有しながら相互に連携したネットワークを形成する。移動手段の中心はバス交通であり、このエリアはサービス密度が高い公共交通によって人の流れを誘引し、さらに人の流れがこの軸に沿ったものになることでより交通のサービス密度が高くなる、といったポジティブフィードバックが働くことが考えられる。

また高密といっても大都市ほどの高さではなく、良好な住環境を確保しながら高度な公共交通サービスの享受が可能になる。特に TYPE 3 のコンパクト化の場合、戸建てのまちづくりが可能になる。

(実現への課題)

実現への課題としては、実際にこうしたバスレーンによるインセンティブ効果を発揮させ、ポジティブフィードバックを産むことが重要と考えられる。また過度の高密度化は逆に都市の魅力度を衰退させたり、大都市との競合が生じる恐れも考えられるため、適切な人口密度に均衡するような対策を考慮する必要がある。

都市開発の面では、中心市街地などの土地が細分化された箇所について、適切に再編成を行う枠組みが必要である。これは隣地の統合による再開発だけでなく、たとえば適切な空地化を誘導して住環境を向上させるといった方策などが考えられる。

周囲の低密な居住エリア

(特徴)

バスレーン圏内高密度地区の周囲に広がる低密住宅地。移動手段は花卉状のバス路線と自動車の併用となる。緑地率が高く、自然環境に恵まれた住環境となる。またバス交通は利用密度に応じて定期的な走行だけでなくオンデマンド的な走行もおこなわれるようになる。

(実現への課題)

実現への課題としては、移住と人口減によって空地化される土地を適切に対処する必要があり、そのまま廃屋を放置するなどの状況になると、住環境的にも社会的にも問題の起こる可能性がある。

また自動車利用がしやすく、自然環境もよく、インセンティブがかからない分地価も安いなどの状況になった場合、逆にこのゾーンに人口が流入する可能性も考えられる。この点については自動車交通のもたらす社会的費用の分を適切にユーザーへと課金するような仕組みが必要と考えられる。

さらに周囲のエリア

さらに周囲の中山間村や農村地帯は実際には何らかの形で残り、居住地を形成すると考えられる。また土地利用ライン内への移行過程ではある程度の都市サービスの提供が考えられる。交通面ではオンデマンドバスなどによるセーフティネット的な交通機能の提供が考えられる。

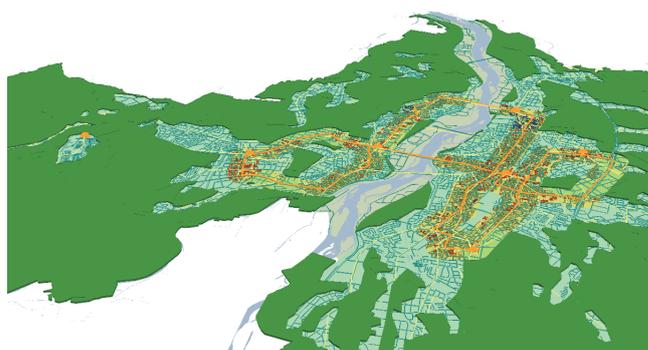
以上のような都市域のイメージは図**のようになる。

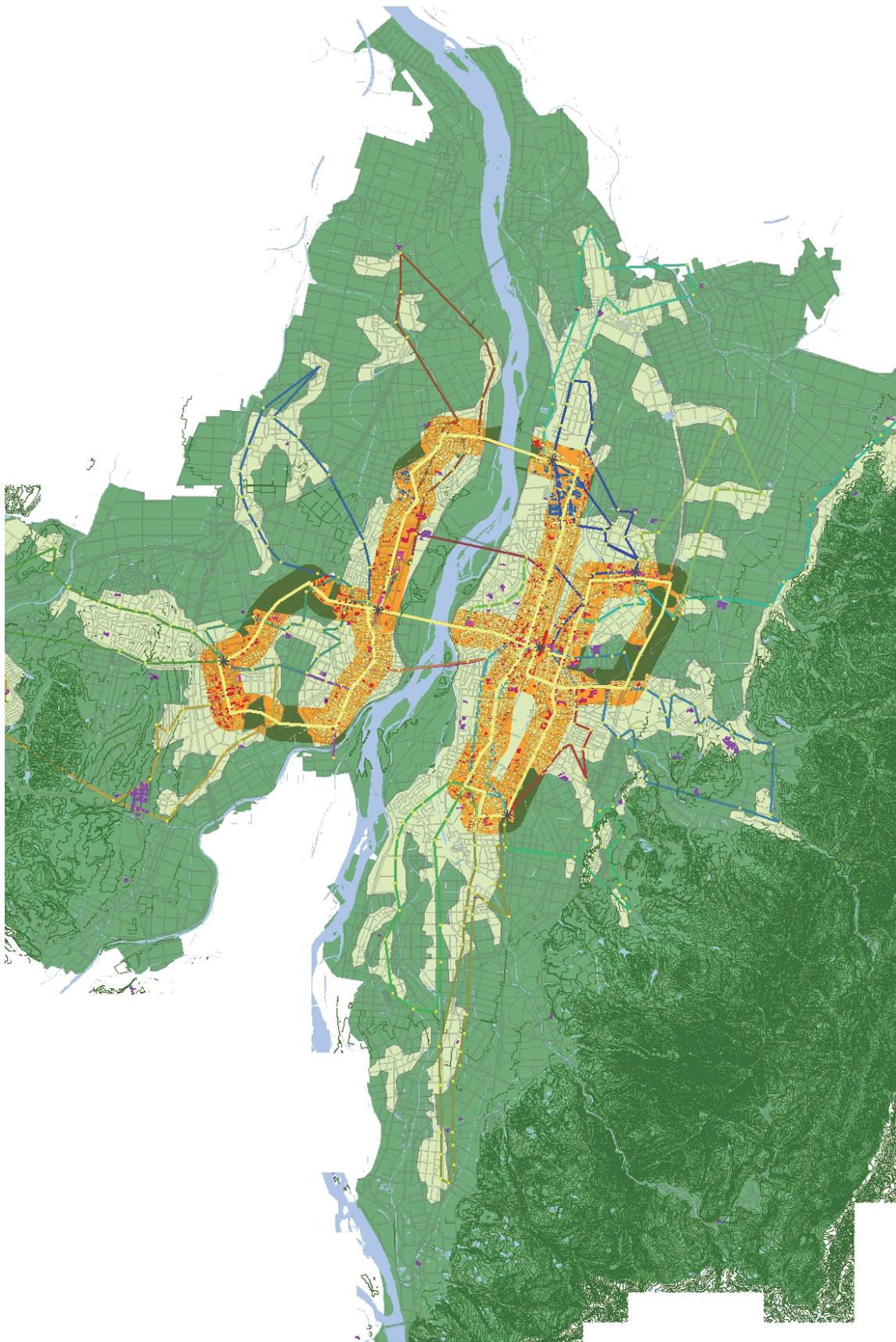
まとめ

多心的な都市構造を活かしたバスレーンの設置パターンを検討し、各パターンの特徴と実現可能性について比較した。

各パターンのバスレーンについて、交通機能強化によるインセンティブが働いたときの、人口減少と建物寿命による建替に伴って2050年までに形成される都市構造を試算し、その都市像を考察した。

上記の人口縮小と建替に伴う居住地移動の試算によって、(1)バス交通再編によってバスレーン周囲の交通サービスの効用が十分に上がり(2)土地利用ラインより外部での新規建設を規制し、全ての人を土地利用ライン内への移住を誘導した場合、バスレーンを軸とした比較的高密なエリアとその周囲の低密な住宅地からなるコンパクトシティが形成可能であることが確認された。





第七章 まとめと結論

結論

まとめと結論

長岡市をケーススタディとした調査・分析・提案を通じて、バス交通再編は長岡市の将来の人口縮小・低炭素化に対して有効な戦略であり、他の交通機関での戦略よりも効果的であると言えることがわかった。

そして長岡市バス交通に対する一連の提案は、中心市街地の空洞化と将来の人口減少といった地方都市一般が抱える構造的な課題と、駅前一極集中で日本の道路事情にも適応できていない現状のバス交通といった全国的な状況に対する打開策であり、他の地方都市一般においてその適用が検討される価値を持ったものと言える。

まず日本の都市、とくに地方都市が抱える人口の縮小・環境問題といった問題が必然的に地方都市の縮小をもたらすという状況を説明し、これに対して中心市街地活性化を通じたコンパクトシティ化の推進というのが地方都市一般を通して考えられている方策であることを説明した。

しかし中心市街地活性化は一旦は郊外に拡散した都市機能を駅前地区に呼び戻す政策であり、経済的な負担と郊外の衰退リスクを負ったものであることと、環境的な面から見ても廃棄・建設という大量のCO2排出プロセスを伴うため、より広い範囲でのコンパクト化の中心設定の必要を指摘した。

そして地方都市は都市機能の中心的役割を郊外部にも担わせた多心的な都市構造を持つようになっているため、こうした多心構造を活かしたコンパクト化の方が地方都市の縮小に対して有効である可能性が高いことを示し、多心型地方都市の将来方策として公共交通、特にバス交通の強化が有効であり、コンパクト化への誘因要素となり得ることを示した。

今後の課題

今回はあくまでも包括的なアプローチによる全体像の提示を目指したものであり、こうした全体像の下での個別的で詳細な検討が必要である。そうした点から今後の課題を以下に挙げる。

社会的費用の側面から見た自動車に対するインセンティブは非常に強い。こうした側面を適正に評価し、外部費用に対する市民のコンセンサスを得ることが今回提案したような公共交通の再編を行うには必要と考えられる。

今回のコンパクト化の誘導試算には交通インフラなどのインセンティブだけではなく、市域をこれ以上広げないということが大きな前提になっている。そのための実際の方策・枠組みについては検討を行う必要がある。

参考文献

参考文献

海道清信（2001）「コンパクトシティ」学芸出版社

宇沢弘文（1974）「自動車の社会的費用」岩波新書

上岡直見（2002）「自動車にいくらかかっているか」コモンズ

佐藤公男（1999）「グラフ理論入門」日刊工業新聞社

中村文彦（2006）「バスでまちづくり」学芸出版社

バスジャパン（2001）「越後交通」BJ エディターズ

交通計画システム研究会（2006）「都市の交通計画」協立出版

多田宏行（2001）「道路工学」オーム社

大野秀敏（2008）「シュリンキング・ニッポン」鹿島出版会

土木計画学研究委員会（2006）「バスサービスハンドブック」土木学会

JA（2006）「ファイバーシティ東京 2050」新建築社

東京大学交通ラボ（2000）「それは足からはじまった」技法堂出版

高瀬知彦（2007）「乗継ターミナルにおける活動を考慮した地方都市におけるバス再編の評価に関する研究～長野市のバス路線を対象として～」東京大学修士論文

株式会社ゼンリン（2003）「ゼンリン住宅地図・長岡市」

資料編

一般化費用の計算

1. ネットワーク評価に用いるパラメータの組み合わせ

項目ごとの設定値 $GC=cL+w \sum \sum m_{ij} (T_{ij} + t)$
 $=cFl+w \sum \sum m_{ij} (D_{ij} / v + 8/F + R+E_{ij})$

$$G.C. = c \cdot L + w \sum_i \sum_j m_{ij} (T_{ij} + t_{ij})$$

表定速度: v[km/h]	(デフォルト)	17.6	
走行距離当経費: c [円/km]	(デフォルト)	9925	
時間価値: w [円/h]	(デフォルト) (業務目的想定)	1447	723 (非業務) *0.50
総運行距離: L=Fl ※lは総路線長	(case1)	8969.4	(case2) 14485.5

2. 乗継抵抗の設定

(乗継抵抗) = ((乗継抵抗時間換算値) + (平均待ち時間)) × (表定速度)

乗継抵抗時間換算値

利用者時間制約	ターミナル施設	乗継抵抗時間換算値	同距離換算値
あり	なし	16.6 分	4.87 km
あり	あり	3.3 分	0.97 km
なし	なし	20 分	5.87 km
なし	あり	11 分	3.23 km

平均待ち時間

→ 5 ~ 15 分 → 1.5

表定速度

バス停間隔	表定速度
100 m	12 km/h
200 m	17.6 km/h ←この値を採用
300 m	21.6 km/h
500 m	26.5 km/h (バスサービスハンドブックより)

初期入力乗継抵抗(m)

6666 m 心理抵抗12min、平均待ち時間10min
5199.33333 m 心理抵抗12min、平均待ち時間5min

検討するケース

	平均待時間5min	平均待時間10min	
ターミナルなし(18.3min)	6835 m	8301 m	10267 m
ターミナルあり(7.1min)	3549 m	5016 m	
ターミナルあり(0min)	1467 m	2933 m	

4. 最寄バス停

400m格子点のうち、最寄バス停から650m以内のものを選ぶ。
このとき人口捕捉率は90%超える

5. バス走行距離当たり経費の設定

算出方法

平成19年の越後交通運行実績における、総支出を総運行距離で割ることによって求める。
 ただし今回のシミュレーションでは仮想的に交通手段分担率100%と、実際の33倍あい、断面交通量もそれだけ多くなる。この効果を相殺するために、上気で求めた経費の33倍を走行距離当たりの経費として用いることにする。(イメージとしては、交通量が増えた分だけ同時に走るバスの台数を増やす、という考え方。)
 実際は現在の乗車密度はあまり高いとは言えない。そのため断面交通量が増えた分は乗車密度の向上として吸収可能な余地があると考えられる。これについては別途の考察が必要と思われる。

使用データ

H19運行系統別輸送実績集計表

年間実車キロ 6,886,027 km
 経常費用 2,071,178,995 円
 走行キロ当経費 300.8 円/km
 補正(×33) 9,926 円/km

6. 時間価値の算出

時間価値の算出方法

長岡市の時間価値を求めるために「所得接近法」を用いる。長岡市労働者の収入を労働時間で除したものである。ここで求めた時間価値は業務目的での使用時として考えられる。非業務時の時間価値は下記資料によると約40%程度とされているため、両方のケースで解析するか、目的ごとに係数を変えるかの方法が考えられる。
「道路事業の評価手法に関する検討委員会」(時間価値原単位設定の基本的な考え方について)
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hyouka-syuhou/3pdf/5.pdf>

統計表

産業大分類	就業人口	労働時間(毎月)	平均収入	延労働	延収入
総数	144604				
A 農業	7602				
B 林業	34				
C 漁業	149				
D 鉱業	394				
E 建設業	15452	186	¥285,714	3E+06	¥441,485 万円
F 製造業	34329	190	¥258,151	7E+06	¥886,207 万円
G 電気・ガス・熱供給	756				
H 情報通信業	2027	192	¥294,705	4E+05	¥59,737 万円
I 運輸業	5913	209	¥283,104	1E+06	¥167,399 万円
J 卸売・小売業	25877	183	¥273,552	5E+06	¥707,871 万円
K 金融・保険業	3320	171	¥362,083	6E+05	¥120,212 万円
L 不動産業	779				
M 飲食店、宿泊業	6182	186	¥241,114	1E+06	¥149,057 万円
N 医療、福祉	12667	167	¥242,607	2E+06	¥307,310 万円
O 教育、学習支援	6373				
P 複合サービス業	1847	165	¥267,881	3E+05	¥49,478 万円
Q サービス業	16333	180	¥255,032	3E+06	¥416,544 万円

↑ ↑ ↑
H17国勢調査 新潟県県金労働時間等実態調査結果(平成19年度)

(産業別総月収) ¥3,305,298 万円・人
(産業別総労働時間) 22836938 h・人
(総就労人口) 123947 人

計算

長岡市平均給与の算出

(長岡市平均年収) = (産業別総年収) ÷ (総就労人口)

長岡市平均労働時間の算出

(長岡市平均労働時間) = (産業別総労働時間) ÷ (総就労人口)

(長岡市平均月収) ¥266,670
(長岡市平均労働時間) 184.24761 h

時間価値の算出

(時間価値) = (長岡市平均月収) / (長岡市平均労働時間)

(時間価値) ¥1,447.35 /h ¥24.12 /min

7. 平均運行頻度Fについて

算出法

H19の越後交通運行実績から、旧長岡市を通る各路線の合計運行回数の平均をとる。

平成19年度運行系統別輸送実績集計表より

路線数	176	年間実車キロ	6886027 km
合計運行回数(年間)	257726	1日実車キロ	18865.83 km
全路線の平均運行回数(年間)	1464.35227 回/年		
1日当たり運行回数	4.01192403 回/日	路線長	4716.457 km

算定用に補正

上記のような素直な計算だと1日当たりの平均運行本数は4本となってしまいが、これはほとんど同じルートでも途中に迂回したり分岐するなどによって別路線となってしまいうためである。そのため、解析用に重複ルートを適宜統合した現況路線モデルを用い、平均運行頻度としては、(合計運行回数) ÷ (解析用現況路線モデルの路線数)を採用する。

現況路線モデル

現況路線モデルの路線数	35
合計運行回数(年間)	257726
全路線の平均運行回数(年間)	7363.6 回/年
1日当たり運行回数	20.1742466 回/日

現状案

Table with 17 columns (case 1 to case 17) and multiple rows for parameters (g, w, m, v, F, R, D, L, E) and categories (一般化費用, 時間コスト). Values are mostly consistent across cases, with some variations in the 'Dj' row.

ソリ型

Table with 17 columns (case 1 to case 17) and multiple rows for parameters (g, w, m, v, F, R, D, L, E) and categories (一般化費用, 時間コスト). Values are mostly consistent across cases, with some variations in the 'Dj' row.

環状型

Table with 17 columns (case 1 to case 17) and multiple rows for parameters (g, w, m, v, F, R, D, L, E) and categories (一般化費用, 時間コスト). Values are mostly consistent across cases, with some variations in the 'Dj' row.

花弁型

Table with 17 columns (case 1 to case 17) and multiple rows for parameters (g, w, m, v, F, R, D, L, E) and categories (一般化費用, 時間コスト). Values are mostly consistent across cases, with some variations in the 'Dj' row.

現状案

Table with 34 columns (cases) and multiple rows for parameters (c, w, m, v, F, R, D, L, E) and general costs (FL, WM, WT, GC).

ツリ型

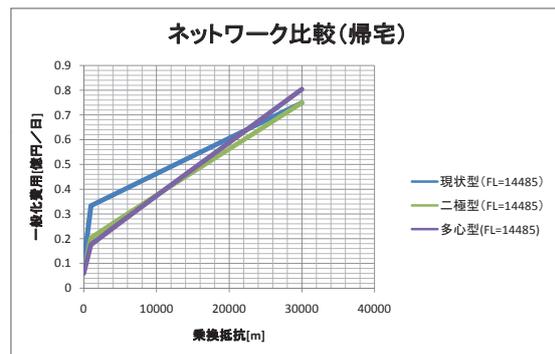
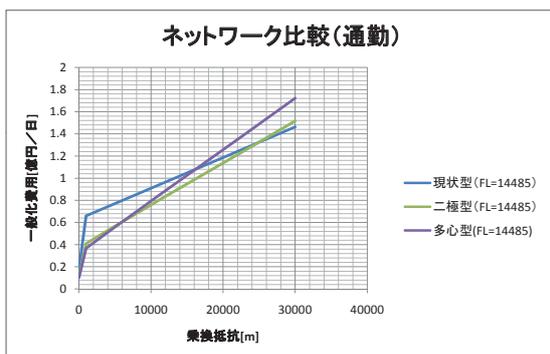
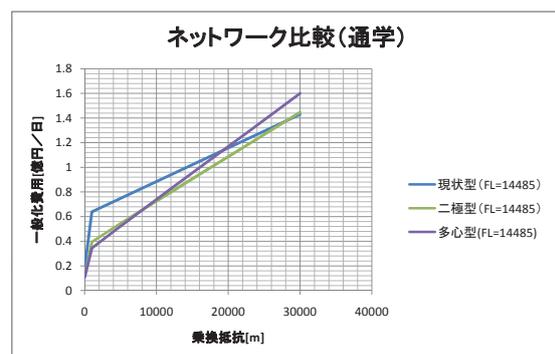
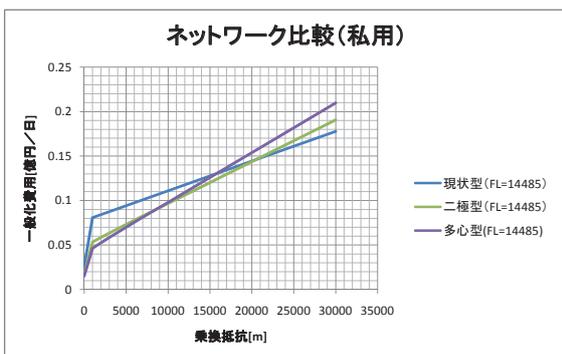
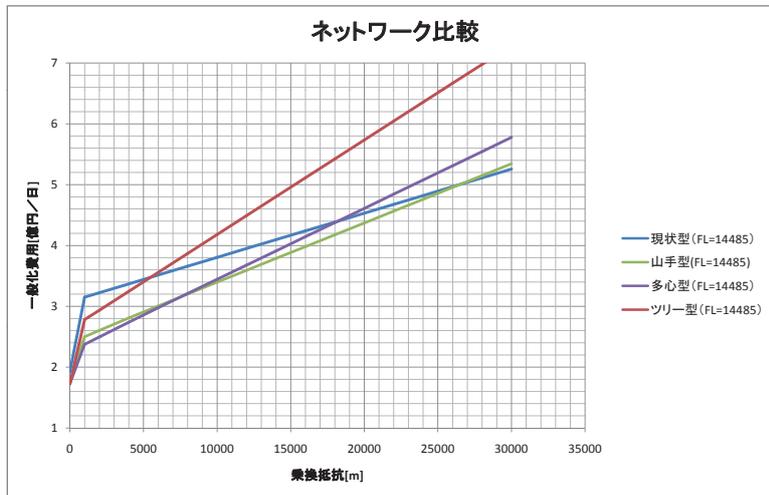
Table with 34 columns (cases) and multiple rows for parameters (c, w, m, v, F, R, D, L, E) and general costs (FL, WM, WT, GC).

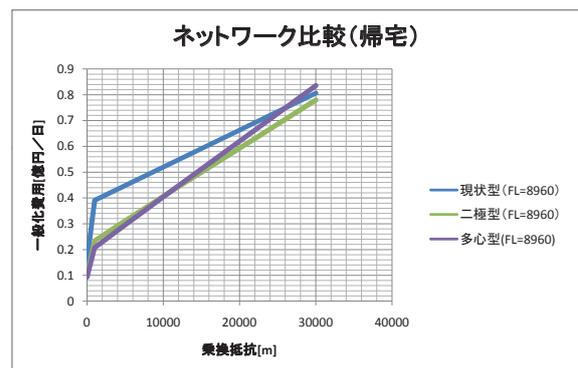
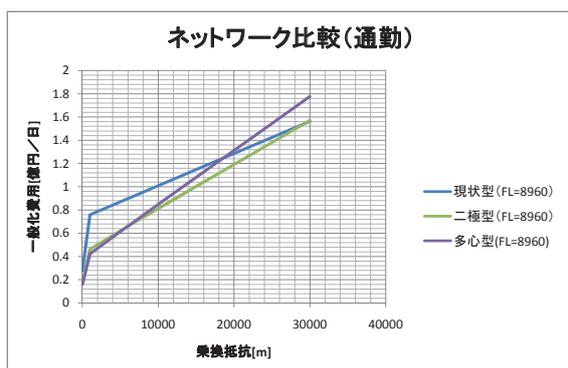
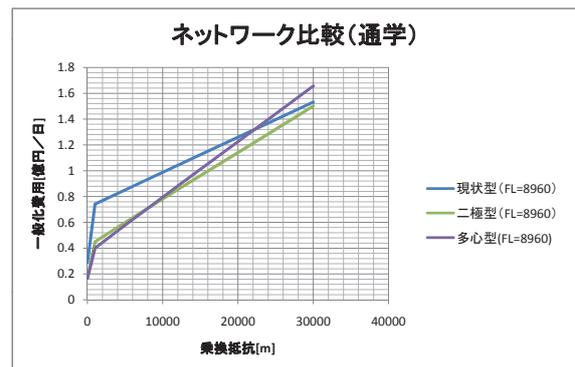
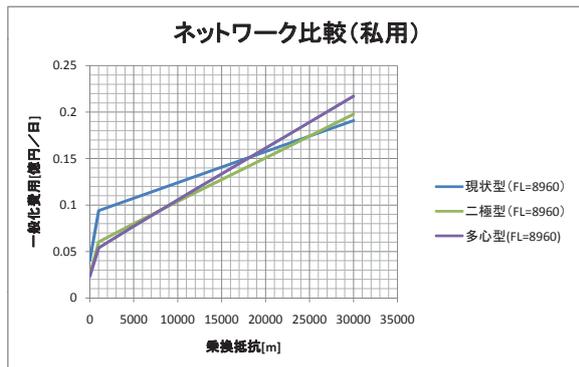
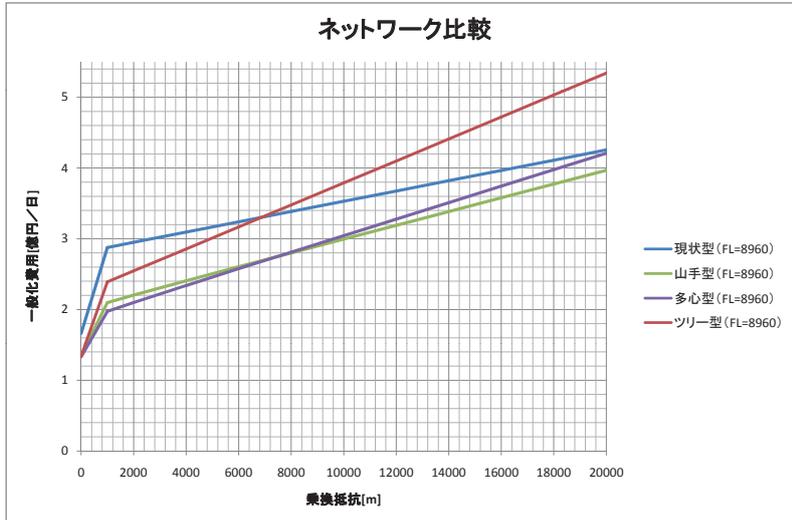
環状型

Table with 34 columns (cases) and multiple rows for parameters (c, w, m, v, F, R, D, L, E) and general costs (FL, WM, WT, GC).

花卉型

Table with 34 columns (cases) and multiple rows for parameters (c, w, m, v, F, R, D, L, E) and general costs (FL, WM, WT, GC).





```

Module1 - 1

Enum WarshallStatusType
    SUCCESS
    FAILURE
End Enum

' 結果格納用
Type WarshallResult
    MinTimes() As Double ' 各点間の最短時間
    hasRoutes() As Boolean ' 計算した結果、点間に最短経路が存在するかどうか
                            ' 存在すればTrueが入る
    PrevVertices() As Double ' 最短経路を通るときの各点のひとつ前の点
    status As WarshallStatusType ' 成功すればSUCCESSが入る
    description As String ' エラーなどの説明
End Type

' 地点など計算に関する情報格納用
' WarshallInformation内の配列の添字の最小値は全て1 (LBound=1) です
Private Type WarshallInformation
    ' 点の数
    nVertex As Long

    ' 計算に用いるデータ
    ' 最終的には計算結果が格納される
    datas() As Double

    ' 最短経路を通るとき、第2項が示す点のひとつ前を通る点
    ' 例えばPrevVertices(1,5)は点1から点5への最短経路を通るとき
    ' 点5のひとつ前を通る点が格納される
    PrevVertices() As Double

    ' 点間に経路が存在するかどうか
    hasRoutes() As Boolean
End Type

Const row_busnt As Integer = 28 ' バス停情報開始行 (見出し含まず)
Const clm_busnt As Integer = 3 ' バス停情報開始列 (見出し含まず)
Const row_busdst As Integer = 36 ' バス停距離行列開始行 (見出し含まず)
Const clm_busdst As Integer = 15 ' バス停距離行列開始列 (見出し含まず)
Const row_norikae As Integer = 28 ' 乗換バス停情報開始行 (見出し含まず)
Const clm_norikae As Integer = 9 ' 乗換バス停情報開始列 (見出し含まず)

' 基点セルの設定
Dim bus_kiten As Range ' バス停情報基点セル
Dim dst_kiten As Range ' バス停距離行列基点セル
Dim ntk_kiten As Range ' 乗換バス停基点セル
Dim prm_kiten As Range ' 入力パラメータ基点セル
Dim frk_kiten As Range ' 運行頻度基点セル
Dim myst_r As String ' 結果出力シート名
Dim prm_range As Range ' 入力パラメータとして代入する引数
Dim frk_range As Range ' 運行頻度として代入する引数

Sub nearest()

    Set bus_kiten = Worksheets("入力").Cells(row_busnt, clm_busnt)
    Set dst_kiten = Worksheets("入力").Cells(row_busdst, clm_busdst)
    Set nrk_kiten = Worksheets("入力").Cells(row_norikae, clm_norikae)
    Set prm_kiten = Cells(7, 14)
    ' Set frk_kiten = Cells(11, 14)

    Dim calc_num As Integer ' 計算回数の設定
    calc_num = 34

    MsgBox ("バス路線解析を開始します。")

    For i = 1 To calc_num
        ' case i の変数設定。乗換抵抗と1日当たり平均運行本数
        myst_r = "解析結果_case" & i
        Set prm_range = prm_kiten.Cells(1, i)
        Set frk_range = frk_kiten.Cells(1, i)

        距離計算 prm_range, myst_r
    Next i

End Sub

Sub 距離計算(prm As Range, shname As String)

' 基点セルの設定
Dim bus_kiten As Range ' バス停情報基点セル
Dim dst_kiten As Range ' バス停距離行列基点セル

```

Module1 - 2

```

Dim ntk_kiten As Range '乗換バス停基点セル
Set bus_kiten = Worksheets("入力").Cells(row_busnt, c1m_busnt)
Set dst_kiten = Worksheets("入力").Cells(row_busdst, c1m_busdst)
Set nrk_kiten = Worksheets("入力").Cells(row_norikae, c1m_norikae)

'Dim teiko_kiten As Range
'Set teiko_kiten = Cells(12, 14)

Dim cnt As Integer '入力駅数の格納
cnt = bus_kiten.CurrentRegion.Rows.count - 1
Dim nrk_cnt As Integer '入力乗換駅数の格納
nrk_cnt = nrk_kiten.CurrentRegion.Rows.count - 1
Dim rsn_cnt As Integer '路線の数
rsn_cnt = bus_kiten.Cells(cnt, 2).Value
ReDim rsn(rsn_cnt) As Integer '各路線の駅数を格納する配列

'各路線の駅数を格納
For i = 1 To rsn_cnt
    rsn(i) = WorksheetFunction.CountIf(Range(bus_kiten.Offset(0, 1), bus_kiten.Offset(cnt - 1, 1)), i)
Next i

'距離行列の初期化
dst_kiten.Offset(-1, -1).CurrentRegion.ClearContents

'距離行列の系列値の格納
For i = 1 To 3
    dst_kiten.Offset(-1, -i).Value = bus_kiten.Offset(-1, 3 - i).Value
    dst_kiten.Offset(-i, -1).Value = bus_kiten.Offset(-1, 3 - i).Value
Next

dst_kiten.Offset(-1, -4).Value = nrk_kiten.Offset(-1, 0).Value
dst_kiten.Offset(-4, -1).Value = nrk_kiten.Offset(-1, 0).Value

'各路線ごとの駅配列
Dim rst_st() As Integer
Dim k As Integer
k = 0 '距離行列の行間数を格納
kk = 0 '路線情報の行間数を格納 (環状線の場合kより1大きくなる)
Dim s_kiten As Range

For i = 1 To rsn_cnt

    Set s_kiten = dst_kiten.Offset(k, k)

    For ii = 1 To rsn(i) - 1

        '距離行列の項目値入力
        For m = 1 To 3
            s_kiten.Offset(ii - 1, -k - m).Value = bus_kiten.Offset(kk + ii - 1, 3 - m)
            s_kiten.Offset(-k - m, ii - 1).Value = bus_kiten.Offset(kk + ii - 1, 3 - m)
        Next m

    Next ii

    For j = 1 To rsn(i) - 2

        '隣接駅間距離を入力
        s_kiten.Cells(j, j + 1).Value = kyori(bus_kiten.Cells(kk + j, 1), bus_kiten.Cells(kk + j + 1, 1))
        s_kiten.Cells(j + 1, j).Value = kyori(bus_kiten.Cells(kk + j, 1), bus_kiten.Cells(kk + j + 1, 1))

    Next j

    '環状線の場合(距離行列の項目は追加せず、初めのノードと接続しK, KKを更新)
    If bus_kiten.Offset(kk, 2).Value = bus_kiten.Offset(kk + rsn(i) - 1, 2).Value Then

        '隣接駅間距離を入力
        s_kiten.Cells(rsn(i) - 1, 1).Value = kyori(bus_kiten.Cells(kk + rsn(i) - 1, 1), bus_kiten.Cells(kk + rsn(i), 1))
    ))
    s_kiten.Cells(1, rsn(i) - 1).Value = kyori(bus_kiten.Cells(kk + rsn(i) - 1, 1), bus_kiten.Cells(kk + rsn(i), 1))
    ))

        'k, kkを更新
        k = k + rsn(i) - 1
        kk = kk + rsn(i)

    '環状線でない場合(距離行列の項目は追加し、K, KKを更新)
    Else

        '距離行列の項目値入力
        For m = 1 To 3

```

Module1 - 3

```

s_kiten.Offset(rsn(i) - 1, -k - m).Value = bus_kiten.Offset(kk + rsn(i) - 1, 3 - m)
s_kiten.Offset(-k - m, rsn(i) - 1).Value = bus_kiten.Offset(kk + rsn(i) - 1, 3 - m)
Next m

'隣接駅間距離を入力
s_kiten.Cells(rsn(i) - 1, rsn(i)).Value = kyorl(bus_kiten.Cells(kk + rsn(i), 1), bus_kiten.Cells(kk + 1, 1))
s_kiten.Cells(rsn(i), rsn(i) - 1).Value = kyorl(bus_kiten.Cells(kk + rsn(i), 1), bus_kiten.Cells(kk + 1, 1))

'k, kkを更新
k = k + rsn(i)
kk = kk + rsn(i)

End If

Next i

'距離行列から総路線距離を算出（行列の全体和÷2として算出）
'乗り換えコスト挿入前に行わないと異常値が生じるため要注意

Dim lgt_sum As Double '距離行列から総路線距離を算出
lgt_sum = WorksheetFunction.Sum(Range(dst_kiten, dst_kiten.Cells(cnt, cnt))) / 2000
prm.Cells(8, 1) = lgt_sum

'乗換駅情報 乗換駅に該当するものをマーキングする
Dim myrange As Range '検索セル収納用
Dim myaddress As String '検索セルaddress収納用
Dim myrow() As Integer '乗換セルの行数格納
Dim mycol() As Integer '乗換セルの列数格納
Dim nrk_st() As Integer
ReDim nrk_st(nrk_cnt)

For i = 1 To nrk_cnt
    nrk_st(i) = WorksheetFunction.CountIf(Range(dst_kiten.Offset(0, -1), dst_kiten.Offset(cnt - 1, -1)), nrk_kiten.Offset(i - 1, 0))
Next i

For i = 1 To nrk_cnt

    ReDim myrow(cnt) As Integer '乗換セルの行数初期化
    ReDim mycol(cnt) As Integer '乗換セルの列数初期化

    'バス停リストから乗換駅の行配列を検索
    Set myrange = Worksheets("入力").Range(dst_kiten.Offset(0, -1), dst_kiten.Offset(cnt - 1, -1)).Find(what:=nrk_kiten.Offset(i - 1, 0).Value, lookat:=xlWhole)
    myaddress = myrange.Address
    k = 1

    Do
        myrow(k) = myrange.Row - dst_kiten.Row
        k = k + 1
        Set myrange = Worksheets("入力").Range(dst_kiten.Offset(0, -1), dst_kiten.Offset(cnt - 1, -1)).FindNext(myrange)
    e)

    Loop Until myrange.Address = myaddress

    'バス停リストから乗換駅の列配列を検索
    Set myrange = Worksheets("入力").Range(dst_kiten.Offset(-1, 0), dst_kiten.Offset(-1, cnt - 1)).Find(what:=nrk_kiten.Offset(i - 1, 0).Value, lookat:=xlWhole)
    myaddress = myrange.Address
    k = 1

    Do
        mycol(k) = myrange.Column - dst_kiten.Column
        k = k + 1
        Set myrange = Worksheets("入力").Range(dst_kiten.Offset(-1, 0), dst_kiten.Offset(-1, cnt - 1)).FindNext(myrange)
    e)

    Loop Until myrange.Address = myaddress

    '乗換抵抗値を各乗り換え地点間に格納

    For k = 1 To nrk_st(i)
        For m = 1 To nrk_st(i)
            If myrow(k) <> mycol(m) Then
                dst_kiten.Offset(myrow(k), mycol(m)).Value = prm.Cells(6, 1).Value
            End If
        Next m
    Next k

Next i

```

Module1 - 4

```

' ワーシャルフロイド法の開始
' 地点数の格納
Dim wf_cnt As Integer
wf_cnt = dst_kiten.Offset(-1, -1).CurrentRegion.Rows.count - 4

' ワークシートやセルをいらず純粋にVBAだけで
' [例題1.2]をワーシャル・フロイド法で解くプログラムを示します
' (ただし計算モジュールはFloyd.xlsとまったく同じであるため
' 以下のプログラムもFloyd.xlsとまったく同じです)

' 地点数は5個
ReDim costs(1 To wf_cnt, 1 To wf_cnt) As Double
ReDim hasRoutes(1 To wf_cnt, 1 To wf_cnt) As Boolean

' それぞれ所要時間を格納していきます
' 経路が存在しないときはhasRoutesにFalseを格納します
For i = 1 To wf_cnt
  For j = 1 To wf_cnt
    ' costs配列とhasroute配列の格納
    costs(i, j) = dst_kiten.Cells(i, j)

    If dst_kiten.Cells(i, j).Value <> Empty Then
      hasRoutes(i, j) = True
    ElseIf i = j Then
      hasRoutes(i, j) = True
    Else
      hasRoutes(i, j) = False
    End If
  Next j
Next i

' 解を求めます
Dim ret As WarshallResult
ret = Warshall_solve(costs, hasRoutes)

' ret.statusの値によって処理を変えます
If ret.status = SUCCESS Then
  ' 解が求められた
  ' ret.minTimes(i, j)に点(i, j)間の最短時間が入ります
  ' ret.hasRoutes(i, j)には計算後、結果として
  ' 点(i, j)間に経路が存在するかどうかが入ります
  ' ret.prevVertices(i, j)には点(i, j)間の最短経路を通るとき
  ' 点jのひとつ前を通る点番号が入ります
  ' たとえば点(2, 5)間の最短経路を調べたいときは
  ' まずret.prevVertices(2, 5)=4より点5の前の点は4、
  ' 続いてret.prevVertices(2, 4)=3より点4の前の点は3、
  ' 続いてret.prevVertices(2, 3)=2より点3の前の点は2
  ' という手順より点(2, 5)間の最短経路は
  ' 2→3→4→5となります
Else
  ' パラメータ異常などで計算に失敗した
End If

' sheetのコピー
Worksheets("入力").Copy after:=Worksheets(Worksheets.count)
Worksheets(Worksheets.count).Name = shname
Dim wf_kiten As Range ' 結果を格納する行列の起点 (dst_kitenと同じ位置)
Set wf_kiten = Worksheets(shname).Cells(row_busdst, c1m_busdst)

For i = 1 To wf_cnt
  For j = 1 To wf_cnt
    wf_kiten.Cells(i, j) = ret.MinTimes(i, j)
  Next j
Next i

' MsgBox ("最短距離行列complete")

```

Module1 - 5

'最短距離行列のソート配列とルートの重複数配列の作成

```
Dim busst_num As Integer '設定したバス路線の駅数
Dim busst_max As Integer '設定したバス路線の駅ナンバー最大値
Dim busst_sort() As Integer 'バス停配列のスタックソート
Dim wf_sort() As Double '最短距離行列のソート配列
Dim ovl_sort() As Integer '最短ルートが重複する数
Dim nn As Double '一時カウント用
```

```
busst_num = Cells(25, 4).Value
busst_max = Cells(25, 5).Value
ReDim busst_sort(busst_max)
ReDim wf_sort(busst_num, busst_num)
ReDim ovl_sort(busst_num, busst_num)
```

'バス停配列のソート格納

```
For i = 1 To busst_num
    busst_sort(Cells(27 + i, 2).Value) = i
Next i
```

'Erase ovl_sort

'最短距離行列のソート実行と重複数のカウント

```
For i = 1 To wf_cnt
    For j = 1 To wf_cnt
        If wf_sort(busst_sort(wf_kiten.Offset(i - 1, -1)), busst_sort(wf_kiten.Offset(-1, j - 1))) = 0 Then
            'wf_sortの対象がNULL値の場合mintimesをそのまま格納
            wf_sort(busst_sort(wf_kiten.Offset(i - 1, -1)), busst_sort(wf_kiten.Offset(-1, j - 1))) = ret.MinTimes(i, j)
        ElseIf wf_sort(busst_sort(wf_kiten.Offset(i - 1, -1)), busst_sort(wf_kiten.Offset(-1, j - 1))) < ret.MinTimes(i, j) Then
            'wf_sortの対象がmintimesより小さい場合、そのまま
        ElseIf wf_sort(busst_sort(wf_kiten.Offset(i - 1, -1)), busst_sort(wf_kiten.Offset(-1, j - 1))) = ret.MinTimes(i, j) Then
            'wf_sortの対象がmintimesと同じ場合、そのままでovl_sortを+1する。
            ovl_sort(busst_sort(wf_kiten.Offset(i - 1, -1)), busst_sort(wf_kiten.Offset(-1, j - 1))) = ovl_sort(busst_sort(wf_kiten.Offset(i - 1, -1)), busst_sort(wf_kiten.Offset(-1, j - 1))) + 1
        ElseIf wf_sort(busst_sort(wf_kiten.Offset(i - 1, -1)), busst_sort(wf_kiten.Offset(-1, j - 1))) > ret.MinTimes(i, j) Then
            'wf_sortの対象がmintimesより大きい場合、wf_sortを更新する。
            wf_sort(busst_sort(wf_kiten.Offset(i - 1, -1)), busst_sort(wf_kiten.Offset(-1, j - 1))) = ret.MinTimes(i, j)
        End If
    Next j
Next i
```

'最短距離行列と重複数の表示 (オプション)

```
Dim sort_kiten As Range 'ソート距離行列の基点
Dim ovl_kiten As Range '重複数行列の基点
```

```
Set sort_kiten = wf_kiten.Offset(wf_cnt + 6, 0)
Set ovl_kiten = sort_kiten.Offset(busst_num + 6, 0)
```

```
For i = 1 To busst_num
    For j = 1 To busst_num
        sort_kiten.Cells(i, j).Value = wf_sort(i, j)
        ovl_kiten.Cells(i, j).Value = ovl_sort(i, j)
    Next j
Next i
```

'総移動時間コストの算出

'パラメータの設定

```
Dim cst_b As Double '走行距離当たりコスト (円/km)
Dim wdg_b As Double '走行距離当たりコスト (円/時間)
Dim vlc_b As Double '表定速度 (km/h)
Dim frk_b As Double '1日当たり運行本数 (本)
Dim lgt_b As Double '総路線延長
```

```
cst_b = prm.Cells(1, 1)
wdg_b = prm.Cells(2, 1)
vlc_b = prm.Cells(4, 1)
frk_b = prm.Cells(5, 1)
lgt_b = prm.Cells(8, 1)
```

'基点の設定

```
Dim fid_kiten As Range
```

Module1 - 6

```

Dim np_kiten As Range
Dim sho_kiten As Range
Dim gak_kiten As Range
Dim hos_kiten As Range
Dim wrk_kiten As Range

Set fid_kiten = Worksheets("移動量").Cells(9, 5)
Set np_kiten = Worksheets("移動量").Cells(9, 15)
Set sho_kiten = Worksheets("移動量").Cells(9, 80) '通勤移動に相当
Set gak_kiten = Worksheets("移動量").Cells(351, 80) '通学移動に相当
Set hos_kiten = Worksheets("移動量").Cells(693, 80) '私用移動に相当
Set wrk_kiten = Worksheets("移動量").Cells(1035, 80) '帰宅移動に相当

'移動量収納配列の設定
Dim sho_array() As Double
Dim gak_array() As Double
Dim hos_array() As Double
Dim wrk_array() As Double

ReDim sho_array(busst_num, busst_num) As Double
ReDim gak_array(busst_num, busst_num) As Double
ReDim hos_array(busst_num, busst_num) As Double
ReDim wrk_array(busst_num, busst_num) As Double

For i = 1 To busst_num
    For j = 1 To busst_num
        sho_array(i, j) = sho_kiten.Cells(i, j)
        gak_array(i, j) = gak_kiten.Cells(i, j)
        hos_array(i, j) = hos_kiten.Cells(i, j)
        wrk_array(i, j) = wrk_kiten.Cells(i, j)
    Next
Next

'最短距離行列と移動量配列、表定速度、時間価値から総移動時間コストを算出する。
'算出式：(移動量) * (最短距離) / (表定速度) / 1000 合計
'1208総移動時間算出に変更
'1218移動コスト算出に変更 (時間価値は非業務の場合係数0.5を使用)

Dim tmp_sho As Double, tmp_wrk As Double, tmp_gak As Double, tmp_hos As Double
'一時収納用

tmp_sho = 0
tmp_wrk = 0
tmp_gak = 0
tmp_hos = 0

For i = 1 To busst_num
    For j = 1 To busst_num
        tmp_sho = tmp_sho + sho_array(i, j) * (wf_sort(i, j) / vlc_b / 1000)
        tmp_wrk = tmp_wrk + wrk_array(i, j) * (wf_sort(i, j) / vlc_b / 1000)
        tmp_gak = tmp_gak + gak_array(i, j) * (wf_sort(i, j) / vlc_b / 1000)
        tmp_hos = tmp_hos + hos_array(i, j) * (wf_sort(i, j) / vlc_b / 1000)
    Next j
Next i

'結果表示
prm.Cells(12, 1) = tmp_sho * wdg_b
prm.Cells(13, 1) = tmp_gak * wdg_b / 2
prm.Cells(14, 1) = tmp_hos * wdg_b / 2
prm.Cells(15, 1) = tmp_wrk * wdg_b / 2

'総待ち時間コストの算出
'移動量配列と平均運行頻度、重複ルート行列、時間価値から総待ち時間コストを算出する。
'算出式：(時間価値) * ((移動量) / ((重複回数) + 1)) 合計 * 8 / (1日運行本数)
'1208総待ち時間算出に変更
'1218総待ち時間コスト算出に変更 (時間価値は非業務の場合係数0.5を使用)

tmp_sho = 0
tmp_wrk = 0
tmp_gak = 0
tmp_hos = 0

For i = 1 To busst_num
    For j = 1 To busst_num
        tmp_sho = tmp_sho + sho_array(i, j) / (1 + ovl_sort(i, j))
        tmp_wrk = tmp_wrk + wrk_array(i, j) / (1 + ovl_sort(i, j))
        tmp_gak = tmp_gak + gak_array(i, j) / (1 + ovl_sort(i, j))
        tmp_hos = tmp_hos + hos_array(i, j) / (1 + ovl_sort(i, j))
    Next j
Next i

prm.Cells(16, 1) = tmp_sho * 8 / frk_b * wdg_b

```

Module1 - 7

```
prm.Cells(17, 1) = tmp_gak * 8 / frk_b * wdg_b / 2
prm.Cells(18, 1) = tmp_hos * 8 / frk_b * wdg_b / 2
prm.Cells(19, 1) = tmp_wrk * 8 / frk_b * wdg_b / 2
```

```
'総走行距離の算出 (1208変更)
prm.Cells(11, 1) = frk_b * lgt_b
```

```
'総走行距離コストの算出
'距離当たり経費と平均運行頻度と総路線延長から総待ち時間コストを算出する。
prm.Cells(20, 1) = cst_b * frk_b * lgt_b
```

```
'合計一般化費用GCの算出
```

```
prm.Cells(21, 1) = prm.Cells(12, 1) + prm.Cells(13, 1) + prm.Cells(14, 1) + prm.Cells(15, 1) + prm.Cells(16, 1) + prm.Cells(17, 1) + prm.Cells(18, 1) + prm.Cells(19, 1) + prm.Cells(20, 1)
```

```
'結果収納セルの設定
```

```
Dim cFL As Range
Dim wM_sho As Range
Dim wM_gak As Range
Dim wM_hos As Range
Dim wM_wrk As Range
Dim wT_sho As Range
Dim wT_gak As Range
Dim wT_hos As Range
Dim wT_wrk As Range
```

```
'Set cFL = prm.Cells(11, 1)
'Set wM_sho = prm.Cells(12, 1)
'Set wM_gak = prm.Cells(14, 1)
'Set wM_hos = prm.Cells(15, 1)
'Set wM_wrk = prm.Cells(13, 1)
'Set wT_sho = prm.Cells(16, 1)
'Set wT_gak = prm.Cells(18, 1)
'Set wT_hos = prm.Cells(19, 1)
'Set wT_wrk = prm.Cells(17, 1)
```

```
'入力シートをアクティブに戻す
```

```
Worksheets("入力").Activate
```

```
End Sub
```

```
Function kyori(frange As Range, trange As Range)
```

```
Dim x1 As Double, x2 As Double, y1 As Double, y2 As Double
```

```
x1 = frange.Offset(0, 3).Value
y1 = frange.Offset(0, 4).Value
x2 = trange.Offset(0, 3).Value
y2 = trange.Offset(0, 4).Value
```

```
kyori = ((x1 - x2) ^ 2 + (y1 - y2) ^ 2) ^ 0.5
```

```
End Function
```

```
' (注)
' h_costsの配列の添字の下限 (LBound) がそのまま
' 戻り値に含まれる配列の添字の下限に適用されます
```

```
' h_costs : 2次元配列
' h_costs(2, 3)には点2から点3への時間が入る
' h_hasRoutes : 2次元配列
' h_hasRoutes(2, 3)には点2から点3への経路があるかどうかが入る
' 経路があればTrue、なければFalseを格納しておく
```

```
Function Warshall_solve(h_costs() As Double, h_hasRoutes() As Boolean) As WarshallResult
```

```
Dim ret As WarshallResult
```

```
Dim i As Long, j As Long
```

```
' データのチェック
' もしパラメータに何らかの異常があれば戻り値として
' エラーメッセージが戻ってくる
' エラーがなければ空の文字列が戻ってくる
Dim msg As String
```

Module1 - 8

```

msg = CheckParameter(h_costs, h_hasRoutes)

' エラーならその情報を格納して終了
If msg <> "" Then
    ret.status = FAILURE
    ret.description = msg
    Warshall_solve = ret
    Exit Function
End If

Dim warshallInfo As WarshallInfomation
' 初期設定した値が戻ってくるのでそれを格納する
warshallInfo = Warshall_init(h_costs, h_hasRoutes)

' 計算開始
' 計算成功ならTrueを返ってくる
' (Falseで戻るときは同一点間の所要時間が負になったとき)
Dim isSuccess As Boolean
isSuccess = Warshall_main(warshallInfo)

' 計算が成功なら結果を格納して返す
' (配列の添字の下限はh_costsに合わせる)
If isSuccess Then
    ret.status = SUCCESS

    ReDim ret.MinTimes(LBound(h_costs) To UBound(h_costs), LBound(h_costs) To UBound(h_costs))
    ReDim ret.PrevVertices(LBound(h_costs) To UBound(h_costs), LBound(h_costs) To UBound(h_costs))
    ReDim ret.hasRoutes(LBound(h_costs) To UBound(h_costs), LBound(h_costs) To UBound(h_costs))
    For i = 1 To warshallInfo.nVertex
        For j = 1 To warshallInfo.nVertex
            ret.MinTimes(LBound(h_costs) + i - 1, LBound(h_costs) + j - 1) = _
                warshallInfo.datas(i, j)
            ret.PrevVertices(LBound(h_costs) + i - 1, LBound(h_costs) + j - 1) = _
                warshallInfo.PrevVertices(i, j)
            ret.hasRoutes(LBound(h_costs) + i - 1, LBound(h_costs) + j - 1) = _
                warshallInfo.hasRoutes(i, j)
        Next j
    Next i
Else
    ret.status = FAILURE
    ret.description = "同一点間の所要時間が負になりました"
End If

Warshall_solve = ret

End Function

' パラメータのチェックをする
' 異常値が入っていればそのエラーメッセージを返し
' 正常値ならば空の文字列を返す
Private Function CheckParameter(h_costs() As Double, h_hasRoutes() As Boolean) As String

    Dim ret As String
    ret = "" ' 正常時の戻り値は空の文字列

    ' 配列の大きさが与えられていない場合
    ' エラーをトラップし、エラー番号9でチェックする
    On Error Resume Next
    ' ためにLBoundを呼び出してみる
    Dim dmy As Long
    dmy = LBound(h_costs)
    dmy = LBound(h_hasRoutes)
    If Err.Number = 9 Then
        ret = "配列の大きさをDim等で指定してください"
    End If

    ' 配列が3次元以上でないかどうかを調べる
    ' ためにLBoundで3次元目の大きさを調べてみる
    ' (ここでエラーが発生しなければ配列は3次元以上になる)

    ' 直前のエラー番号をクリアする
    Err.Clear
    dmy = LBound(h_costs, 3)
    If Err.Number <> 9 Then
        ret = "配列は2次元である必要があります"
    End If

    ' 直前のエラー番号をクリアする
    Err.Clear
    dmy = LBound(h_hasRoutes, 3)
    If Err.Number <> 9 Then
        ret = "配列は2次元である必要があります"
    End If

```

Module1 - 9

```

' 配列の添字の下限がそれぞれ等しいかどうかを調べる
' 等しくなければエラーとして戻す
If LBound(h_costs, 1) <> LBound(h_costs, 2) Or _
  LBound(h_costs, 1) <> LBound(h_hasRoutes, 1) Or _
  LBound(h_costs, 1) <> LBound(h_hasRoutes, 2) _
Then
  ret = "配列の添字の下限をそろえてください"
End If

' 1次元目と2次元目の大きさが等しいかをチェックする
If UBound(h_costs, 1) <> UBound(h_costs, 2) Or _
  UBound(h_costs, 1) <> UBound(h_hasRoutes, 1) Or _
  UBound(h_costs, 1) <> UBound(h_hasRoutes, 2) _
Then
  ret = "配送費用及び経路情報として与えられる配列の1次元目と2次元目の大きさをそろえてください"
End If

CheckParameter = ret

End Function

' 初期設定を行い、設定結果を戻す
Private Function Warshall_init
  (h_costs() As Double, h_hasRoutes() As Boolean) As WarshallInfomation

  Dim ret As WarshallInfomation

  ' ループ用
  Dim i As Long, j As Long

  ' 点数を得る
  ret.nVertex = UBound(h_costs) - LBound(h_costs) + 1

  ' h_costsの配列の添字の下限
  Dim lBound_ As Long
  lBound_ = LBound(h_costs)

  ' 以下、計算用の配列は断りがなければ添字1から始まることを前提にしているので
  ' もしh_costsおよびh_hasRoutesの添字の下限に1以外の値が与えられれば配列を添字1から
  ' 始まるように変換する

  ' 計算用データ
  ReDim ret.datas(ret.nVertex, ret.nVertex)
  ReDim ret.hasRoutes(ret.nVertex, ret.nVertex)

  For i = 1 To ret.nVertex
    For j = 1 To ret.nVertex
      ret.datas(i, j) = h_costs(i + lBound_ - 1, j + lBound_ - 1)
      ret.hasRoutes(i, j) = h_hasRoutes(i + lBound_ - 1, j + lBound_ - 1)
    Next j
  Next i

  ' PrevVerticesの初期化
  ReDim ret.PrevVertices(ret.nVertex, ret.nVertex)

  For i = 1 To ret.nVertex
    For j = 1 To ret.nVertex
      ret.PrevVertices(i, j) = i
    Next j
  Next i

  Warshall_init = ret

End Function

' 計算が成功したときにはTrueを返す
' 逆に失敗したときにはFalseを返す
Private Function Warshall_main(h_info As WarshallInfomation) As Boolean

  ' ループ用
  Dim i As Long, j As Long, k As Long

  For k = 1 To h_info.nVertex
    ' 各点間における値を更新すると同時に
    ' 同点間で負となる時間があるかどうかを調べる
    For i = 1 To h_info.nVertex
      For j = 1 To h_info.nVertex
        ' 経路の存在を確認し、その上で所要時間が短縮されるかをチェックする
        If h_info.hasRoutes(i, k) And h_info.hasRoutes(k, j) Then
          (i, j)に経路が存在するかどうかで処理が少し変わる
          If h_info.hasRoutes(i, j) Then

```

Module1 - 10

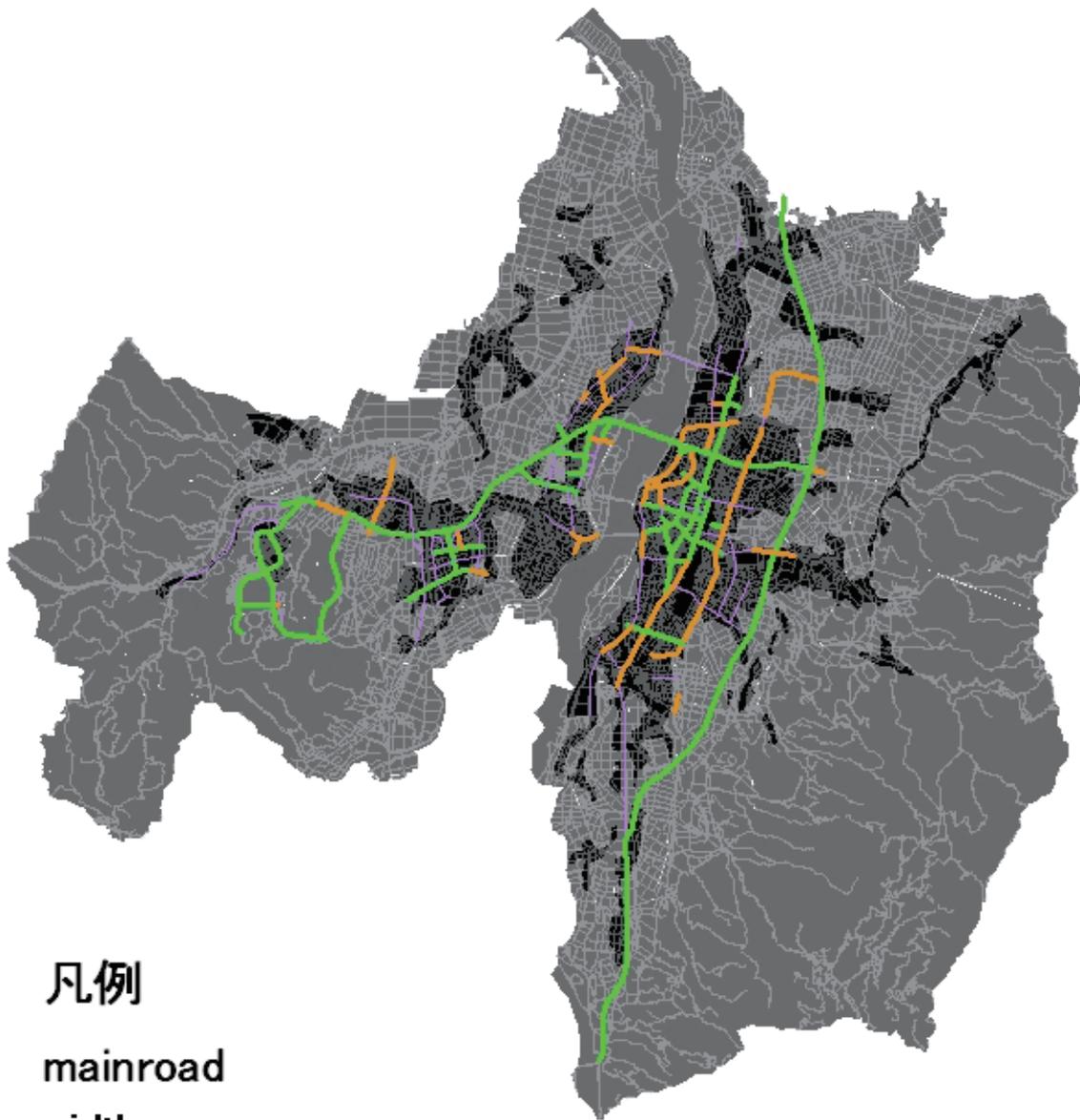
```
        ' 存在すれば比較して改善されれば更新する
        If h_info.datas(i, j) > h_info.datas(i, k) + h_info.datas(k, j) Then
            h_info.datas(i, j) = h_info.datas(i, k) + h_info.datas(k, j)
            ' 最短経路を通るときのひとつ前の点の更新
            h_info.PrevVertices(i, j) = h_info.PrevVertices(k, j)
        End If
    Else
        ' 存在しなければ無条件に更新する
        h_info.datas(i, j) = h_info.datas(i, k) + h_info.datas(k, j)
        ' 最短経路を通るときのひとつ前の点の更新
        h_info.PrevVertices(i, j) = h_info.PrevVertices(k, j)
        ' (i, j)が回り道してつながったことになるので
        ' 今後は(i, j)に経路が存在するとみなす
        h_info.hasRoutes(i, j) = True
    End If
End If
Next j
If h_info.datas(i, i) < 0 Then
    ' 点間の所要時間が負数になったので
    ' 計算失敗を示すFalseを戻り値として返す
    Warshall_main = False
    Exit Function
End If
Next i
Next k

' 無事すべて計算できたのでTrueを返す
Warshall_main = True

End Function
```

コンパクト化試算

道路幅員



凡例

mainroad
width

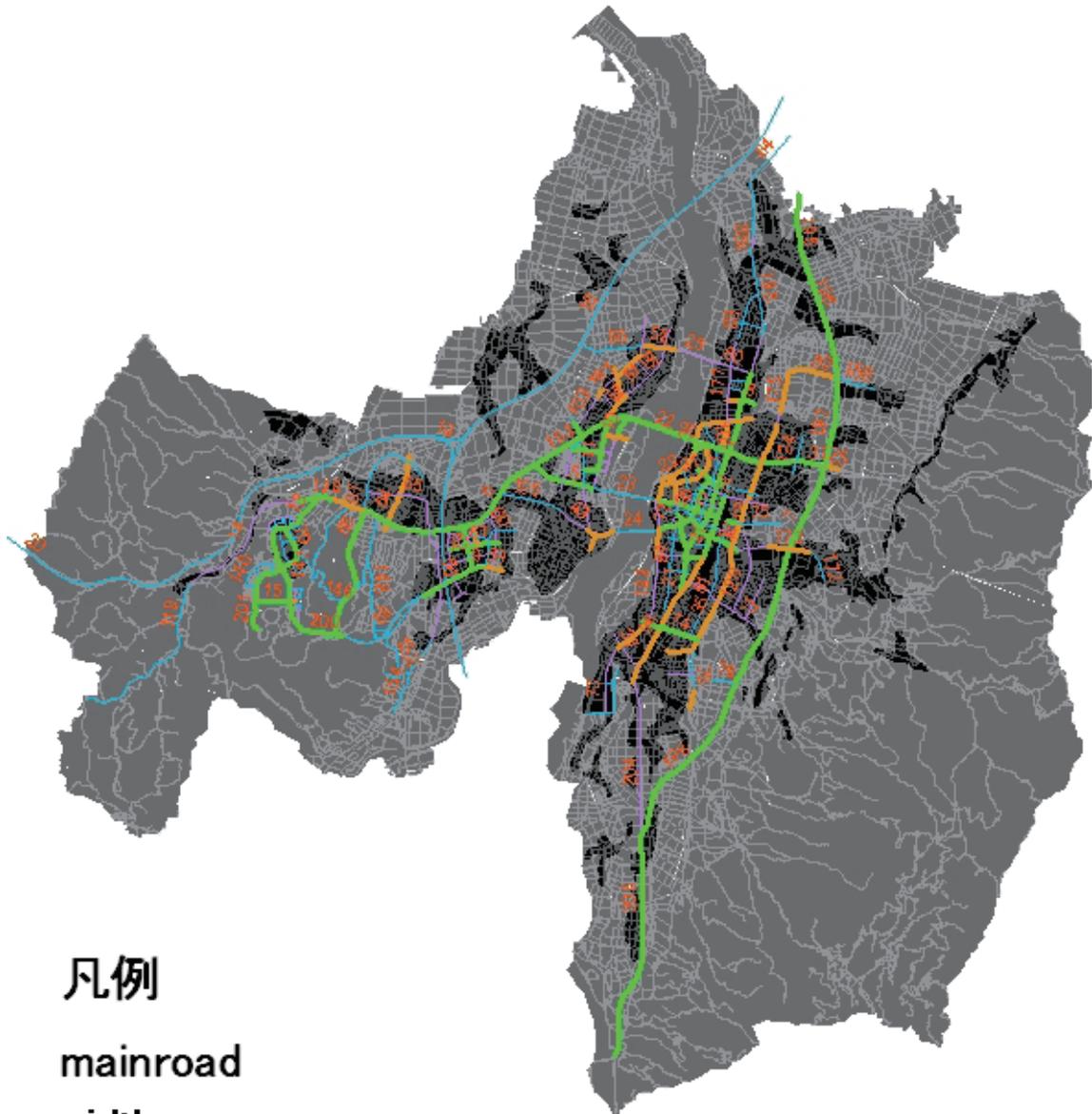
0.000000 - 15.900000

15.900001 - 17.900000

17.900001 - 19.900000

19.900001 - 40.000000

1:150,000



凡例

mainroad
width

- 0.000000 – 15.900000
- 15.900001 – 17.900000
- 17.900001 – 19.900000
- 19.900001 – 40.000000

1:150,000

ID	車線数	ROAD_TYPE	width(m)	length(m)	ID	車線数	ROAD_TYPE	width(m)	length(m)
0	4	5車線	38.0	1304.1	50	0	2車線(15m以上)	18.0	662.2
1	4	4車線	25.0	3381.9	51	0	2車線(15m以上)	17.0	1817.9
2	4	5車線	32.0	241.0	52	0	2車線(15m以上)	18.0	670.7
3	4	4車線	40.0	1894.1	53	0	2車線(15m以上)	16.0	790.3
4	4	4車線	25.0	654.6	54	0	2車線(15m以上)	16.0	553.3
5	4	4車線	35.0	853.6	55	0	2車線(15m以上)	16.0	428.0
6	4	4車線	25.0	2833.0	56	0	2車線	12.0	1320.3
7	4	4車線	25.0	6061.0	57	0	2車線(15m以上)	16.0	391.5
8	4	2車線	22.0	275.5	58	0	2車線(15m以上)	16.0	358.7
9	4	4車線	28.0	990.4	59	0	2車線(18m)	18.0	352.5
10	4	2車線(20m以上)	25.0	465.6	60	0	2車線(18m)	16.0	1144.1
11	4	2車線(20m以上)	28.0	1065.6	61	0	2車線(20m以上)	21.0	1075.8
12	4	2車線	25.0	350.0	62	0	2車線(18m)	16.0	1360.9
13	4	4車線	25.0	2689.0	63	0	2車線(15m以上)	16.0	354.0
14	4	2車線	16.0	3101.8	64	0	2車線(18m)	18.0	1679.6
15	4	4車線	38.0	706.2	65	0	2車線(18m)	16.0	1276.2
16	4	4車線	25.0	908.6	66	0	2車線(18m)	16.0	3049.7
17	0	高速道路	0.0	0.0	67	0	2車線(18m)	15.5	2274.3
18	0	高速道路	0.0	15029.4	68	0	2車線(20m以上)	22.0	2775.3
19	0	高速道路	0.0	775.0	69	0	2車線	12.0	2132.9
20	0	高速道路	0.0	11533.9	70	0	2車線(20m以上)	25.0	2055.7
21	0	3車線	22.0	1366.4	71	0	2車線(15m以上)	20.0	315.9
22	4	橋梁	22.0	1143.6	72	0	3車線	17.5	524.3
23	2	橋梁	10.0	1371.2	73	0	3車線	17.5	1398.0
24	0	橋梁	9.0	937.8	74	0	3車線	20.0	1209.2
25	0	橋梁	16.0	824.2	75	0	3車線	15.0	921.4
26	0	3車線	22.0	1174.8	76	0	3車線	16.0	1413.6
27	0	3車線	21.5	863.6	77	0	3車線	16.0	1085.7
28	0	3車線	17.5	521.7	78	0	3車線	14.0	852.2
29	0	3車線	18.0	1627.0	79	0	3車線	15.0	733.2
30	0	3車線	18.5	599.5	80	0	3車線	16.0	813.7
31	0	3車線	18.0	1558.1	81	0	3車線	16.0	545.8
32	0	3車線	20.0	390.6	82	0	3車線	16.0	812.1
33	0	3車線	15.5	172.0	83	0	3車線	15.0	1112.3
34	0	3車線	20.0	1190.9	84	0	3車線	14.0	2437.3
35	0	3車線	18.0	5670.4	85	0	3車線	19.0	967.3
36	0	3車線	18.0	2171.6	86	0		16.0	970.5
37	0	3車線	16.0	890.6	87	0		15.5	886.2
38	0	3車線	18.0	877.0	88	0		14.5	878.8
39	0	3車線	18.0	574.0	89	0		14.0	441.9
40	0	3車線	18.0	270.7	90	0		16.0	340.0
41	0	3車線	18.5	287.7	91	0		15.0	2524.6
42	0	2車線(15m以上)	15.0	694.5	92	0		14.5	110.2
43	0	4車線	16.5	714.0	93	0		15.0	398.7
44	0	2車線(15m以上)	20.0	226.6	94	0		15.0	1834.1
45	0	2車線(15m以上)	16.0	886.1	95	0		14.5	297.5
46	0	2車線(15m以上)	17.0	386.9	96	0		15.0	147.9
47	0	2車線(15m以上)	16.0	170.1	97	0		14.5	407.0
48	0	2車線(15m以上)	16.0	197.3	98	0		15.5	691.7
49	0	2車線(15m以上)	18.0	226.0	99	0		15.0	382.1

ID	車線数	ROAD_TYPE	width(m)	length(m)	ID	車線数	ROAD_TYPE	width(m)	length(m)
100	0		15.0	225.4	150	0		8.0	448.4
101	0		15.0	1265.5	151	0		8.0	1197.1
102	0		14.5	142.4	152	0		7.5	1168.4
103	0		12.0	402.3	153	0		5.0	194.7
104	0		12.0	579.9	154	0		7.0	1750.0
105	0		18.0	320.0	155	0	2車線	15.0	1281.7
106	0		15.5	335.9	156	0	2車線(15m以上)	17.0	952.2
107	0		14.5	383.6	157	0	2車線	15.0	346.6
108	0		13.5	567.4	158	0	2車線	13.0	291.1
109	0	2車線	18.5	380.5	159	4	2車線(15m以上)	19.0	234.7
110	0		16.5	458.0	160	0	2車線(15m以上)	19.0	649.9
111	0		18.0	354.4	161	0	2車線(15m以上)	16.0	405.2
112	0		16.0	1124.8	162	0	2車線(15m以上)	19.5	172.2
113	0		13.5	155.5	163	0	2車線(15m以上)	16.5	773.2
114	0		16.0	1176.4	164	0	2車線(15m以上)	18.0	652.4
115	0		14.0	263.7	165	0	2車線(15m以上)	16.0	443.0
116	0		15.0	1265.8	166	0	2車線(15m以上)	16.5	71.8
117	0		13.5	238.4	167	0	2車線(15m以上)	15.5	155.6
118	0		13.5	339.3	168	0	3車線	20.0	478.5
119	0		14.0	3794.4	169	0	3車線	20.0	334.7
120	0		16.0	1757.3	170	0	3車線	21.5	476.1
121	0		16.0	1011.2	171	0	3車線	21.0	398.1
122	0		14.0	1505.9	172	0	3車線	15.0	741.5
123	0		14.0	181.2	173	0	3車線	18.0	863.4
124	0		14.0	876.6	174	0	3車線	17.5	601.7
125	0		18.0	330.8	175	0	3車線	18.0	848.7
126	4	5車線	30.0	583.3	176	0	3車線	18.0	845.4
127	4	4車線	22.0	370.6	177	0	3車線	16.0	728.4
128	4	4車線	30.0	723.9	178	0	3車線	17.0	437.2
129	4	2車線(20m以上)	28.0	292.2	179	0	3車線	17.0	352.8
130	0		16.0	882.5	180	0	3車線	17.0	244.2
131	0		14.0	147.2	181	0	3車線	18.0	542.4
132	0		13.0	68.6	182	0	3車線	17.0	1459.8
133	0		15.0	229.6	183	0	3車線	19.0	794.7
134	0		15.0	250.3	184	0	3車線	16.0	614.6
135	0		10.0	270.6	185	0	3車線	18.0	367.1
136	0		12.0	629.8	186	0	3車線	8.0	146.5
137	0		15.0	514.5	187	0	3車線	16.0	545.5
138	0		14.0	580.7	188	0	3車線	16.0	260.0
139	0		14.0	886.5	189	0	3車線	14.0	961.2
140	0		15.0	1228.0	190	0	3車線	12.0	1870.5
141	0		14.0	221.0	191	4	4車線	26.0	584.7
142	0		11.0	527.4	192	4	4車線	28.0	474.2
143	0		16.0	771.6	193	4	4車線	28.0	2720.0
144	0		19.0	111.9	194	4	4車線	28.0	1059.0
145	0		12.0	250.3	195	4	4車線	27.0	1095.8
146	0		10.0	1512.3	196	4	4車線	27.0	3515.9
147	0		9.0	1803.4	197	4	4車線	25.0	1520.1
148	0		9.0	2721.6	198	4	4車線	30.0	2118.4
149	0		10.0	776.6	199	4	4車線	22.0	438.2

ID	車線数	ROAD_TYPE	width(m)	length(m)
200	4	4車線	30.0	1511.8
201	4	4車線	30.0	651.7
202	0	4車線	18.0	581.6
203	4	4車線	19.0	675.5
204	0		16.0	3091.0
205	0	3車線	17.0	220.7
206	0		30.0	5018.8

スリムバス

バス停の提案資料

謝辭

謝辞

今回の研究では大変多くの方にお世話になりました。

皆様に感謝申し上げたいと思います。

大野先生、和田さん、日高さん、山崎さん、鵜飼さんをはじめ大野研究室の皆様には研究会を通じて大変多くのことを学ぶことができました。

また長岡市役所の皆様にも多くの資料提供を頂きました。

Maurizio Devisi さん、Sirirat Sereerat さんには同じバス交通のプロジェクトを通じて多くの刺激をもらうことができました。

本当に有難うございます。

なお本研究の一部は、環境省の地球環境研究総合推進費（Hc-088）の支援により実施されたものです。

2009/01/26 天野裕