

数理モデルを用いた高齢者通所型福祉施設の需要分布と配置計画に関する研究

—金沢市を事例として—

Study on Demand Distribution and Locational Planning of Ambulatory Welfare Institutions for Elderly People by Using Mathematical Model : Case Study in Kanazawa City

胡飛瑜*・川上光彦**

Feiyu HU *・Mitsuhiko KAWAKAMI**

The purpose of this study is to develop a mathematical model in order to analyze relationship between demand distribution and locational planning of ambulatory welfare institutions for elderly people. A model is developed as an institution choice model and takes two important factors such as the maximum commuting distance and using times per a week of day service center. Using the model several simulations are done for the case of Kanazawa City and study the results. As a result, it is revealed that some important patterns can be analyzed such as service coverage area by institutions and the number of selectable institutions for elderly people according to the planning conditions. The model also can be used for analysis of suitable institutional location pattern although the model has to be improved.

Keywords: day service center, system simulation, maximum commuting distance, using times per a week
ディサービスセンター、システムシミュレーション、最大利用距離、週利用回数

1. 背景と目的

現在、日本は高齢化が進行し超高齢社会の状態にある。国勢調査によると、2010年における65歳以上人口は2929万人であり、全人口の22.9%となっている。今後も高齢化の進行が予測されており、2035年の高齢者人口は、3725万人で全人口の33.7%と推計されている。国民の3人に1人は65歳以上の高齢者ということになる。

高齢者数の増加に伴い、介護ニーズが増加し、支援や介護の必要な高齢者が増加している。介護保険事業状況報告によれば、第一号被保険者数（要支援・要介護認定者数）は2004年度の374万人から、2009年までに454万人と増加し、今後も第一号被保険者数の増加が見込まれている。

高齢者が在宅のままできるだけ自立的な生活を継続していくことが求められており、そのため、都市空間において高齢者福祉施設を含む各種の都市施設の配置や利用の仕組みを整えていく必要がある。

高齢者福祉施設には、需要に対応した適切な地理的立地および必要なサービス水準の確保が求められる。このように、地域的な需要と供給のバランスを図ることは、自治体などの福祉行政にとって政策上の課題である。2000年に介護保険法による制度がスタートし、高齢者が在宅生活を送る上で重要な高齢者サービスの一つとして通所介護（ディサービス）が普及し、高齢者通所介護施設（ディサービスセンター）の配置整備が進みつつある。

高齢者通所介護施設の配置計画に関わる既存研究として、高橋ら¹⁾は、居住地から施設までの直線距離が最短となるような領域を利用圏と設定した解析を行っている。また、堀ら²⁾や野坂ら³⁾は、分析対象地域を100mメッシュに分割し、施設に近い利用者から順次割り付け、その総移動時間（又は平均利用距離）を評価

指標とし、最小値を最適解としている。これらの研究は、距離だけを指標として数理的な手法を用いて分析しているが、十要な指標である介護サービスの利用頻度や施設の入所定員を考慮していない。

高齢者通所型施設の利用理由に関する既存研究としては、橋本ら⁴⁾や坊上ら⁵⁾や畠山⁶⁾では、ヒアリング調査・アンケート調査・資料収集などを行い、施設利用者が通所型施設を選択する理由などを調査分析しており、本研究では、これらの成果を踏まえることにする。

本研究は、金沢市における高齢者通所型施設（ディサービスセンター）を事例として、高齢者人口分布とディサービスセンターの立地現況、および、既存研究の施設選択の理由にもとづき、移動距離だけではなく、高齢者の施設利用回数と施設入所定員等の要因も考慮して数理的モデルを開発し、需要と施設の立地の関連性について分析を行う。国によるディサービスセンターの設置基準では、最大利用距離や週利用回数について規定されていないが、ここでは、それらを計画上の重要な指標としてモデル化し、需要分布と施設立地との関連性を分析することなどを目的としている。

2. 研究方法

2-1. 施設利用要因の抽出

厚生省令第37号（平成11年3月31日）「指定居宅サービス等の人員設備及び運営に関する基準について」によると、通所介護（ディサービス）には、人員基準、設備基準、運営基準の三つの設置基準があげられている。設置基準は、通所施設の地理的配置について具体的な基準が規定されていないが、利用定員と送迎費用に関する運営基準が規定されている。施設の利用定員の相違及

* 非会員 (株)日本海コンサルタント(Nihonkai Consultant Co.,LTD.)

**正会員 金沢大学理工研究域環境デザイン学系(Kanazawa University)

び送迎距離の増加に伴う送迎費用の変化は、通所施設の経営に大きな影響を与えらると思われる。従って、ここでは利用定員と送迎距離を、施設の地域利用に関連する運営基準の2つの要因として用いることにする。

一方、前述の利用者が通所型施設を選択する理由に関する既存研究によると、高齢者がディサービスセンターを選択するとき、主に下記の六つの基準を選択条件としていることが明らかにされている。

①主体-主体のかかわり：利用者職員、あるいは利用者同士の合目的な人間関係を越えた繋がりのこと。

②利用者による結果評価：利用者本人又は家族による効果の測定のこと。

③安心・安全：健康や安全においては、利用者からの安心を得ることができるよう、努力や工夫を行うこと。

④支援する社会関係（ケアマネジャーの紹介）：個別のニーズに合った事業所を複数提案してくれる介護支援専門員（ケアマネジャー）のこと。

⑤地域・地理性：利用者は自宅に「近い」地元の事業所を選んでいるということ。

⑥施設利用回数が増やせる：ディサービスセンターの定員に余裕がないため、他市町村の他施設（他のディサービスセンター・デイケアセンター）と併用している利用者が多いという事実のこと。

上記の①～④の施設選択基準は、高齢者の選択行為に影響を与えるが、個人の主観性がかかなり高く、数値化することが困難であり、本研究で取り扱うことは行わないことにする。本研究では、施設利用の数理モデルを構築するために、通所施設の入所定員、利用区域（送迎）距離、利用回数などの要因を取り扱うことにする。

2-2. 施設利用モデルの構築

本研究では、施設利用モデルに、通所施設の入所定員と利用可能区域を取り扱い、また、最大利用距離と週利用回数の概念を盛り込み、最小の総移動距離を実現するように利用施設を決定するモデルを開発する。

モデルに用いるパラメーターは、以下通りである。

- ・ i : 要支援・要介護高齢者
- ・ k : 通所施設
- ・ d_{ik} : 要支援・要介護高齢者 i から施設 k への移動距離
- ・ $X_{ik} \in \{0,1\}$: 要支援・要介護高齢者 i の施設 k の利用を表す 0-1 変数
- ・ S : 最大利用距離
- ・ T_k : 施設 k の入所定員

高齢者の住宅から利用施設まで往復移動するのにかかる総移動距離を最小化するように既存の各施設への要支援・要介護高齢者を求める問題は以下のように定式化できる。

$$\min_{X_{ik}} Z = \sum_{i,k} X_{ik} \cdot 2d_{ik} \quad (1)$$

$$s. t. \quad \sum_i X_{ik} \leq T_k \quad \forall k \quad (2)$$

$$D_{ik} \leq S \quad \forall i, k \quad (3)$$

制約条件は2つある。

式(2)は入所定員の制限を考慮したものであり、高齢者は施設定員未満のディサービスセンターだけ利用できる。

式(3)は最大利用距離を制約条件としているものであり、高齢者は最大利用距離以内のディサービスセンターだけ利用できる。

高齢者の週利用回数も施設を利用するかどうかの一つの条件として考慮する。

2-3. 施設利用のフロー

対象地域における、要支援・要介護の高齢者全員が、ある一日に行う、ディサービスセンターの選択・利用状況について、図-1のフローチャートのようにシミュレーションすることにする。

まず、対象地域における、すべての要支援・要介護の高齢者から、ランダムに一人を選んで、その高齢者の介護度によって、あらかじめ設定している、週利用回数を判断する。もし、週利用回数の上限に達していれば、その高齢者の施設選択行為を終了とする。つまり、該当の高齢者は、施設を利用しないとみなす。

もし利用回数の上限に達していなければ、その高齢者の住宅から最大利用距離以内の施設について、距離の近い施設から探索する。そして、探索した施設について、その施設の利用定員と利用者数を考慮して、利用するかどうか判断する。

その施設が定員に達している場合は、引き続き最大利用距離以内の他の通所施設を、距離の近いものから探索していく。定員に達していない施設が探索できれば、該当の高齢者は、その通所施設を利用することにする。この段階までで、その高齢者の選択行為のシミュレーションを終了とする。

次に、すべての要支援・要介護の高齢者に対して、利用施設のシミュレーションを行ったかどうかを判断し、まだの場合は、別のランダムに選択した高齢者について、同様のシミュレーションを行う。

全ての要支援・要介護高齢者に対して、通所施設のシミュレーションを行ったと判断した場合、ある一日の施設選択のシミュレーションを終了する。

基本的に、ディサービスセンターは週6日運営している。そのため、このフローチャートに従って、計6回のシミュレーションを繰り返し、それらの累積結果を、対象地域における要支援・要介護高齢者の一週間の選択・利用状況とする。

シミュレーションの結果を踏まえ、各種の仮定条件の検討、施設立地や施設定員の検討、および、実際の施設利用状況との比較検討などを行うことができる。それらの分析結果により、高齢者利用施設の様々な検討、評価に利用することが可能である。

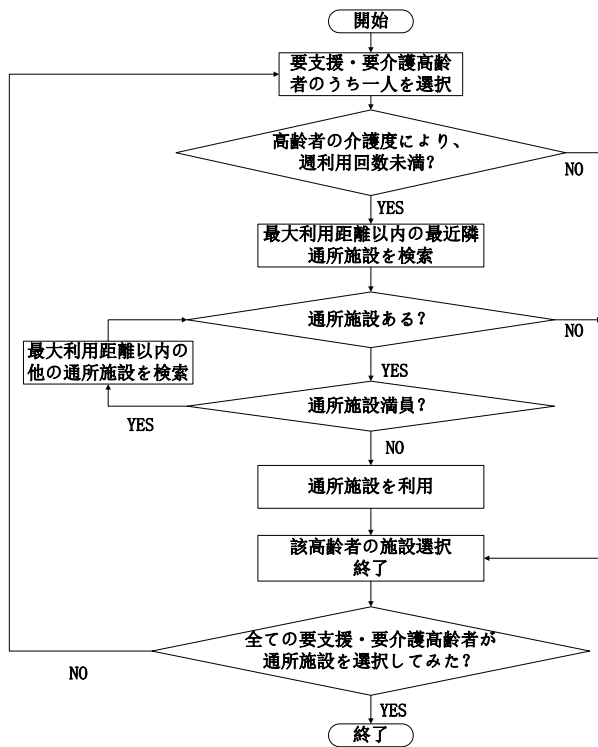


図-1 シミュレーションのフローチャート

3.事例地区への適用

本研究では、金沢市を事例として取り上げ、市内全域のサービスセンターと利用者（要支援・要介護高齢者）のシミュレーションを行う。

3-1 シミュレーションに関するデータの構築と条件の設定

金沢市における要支援・要介護高齢者が、サービスセンターを選択する行為をシミュレーションするため、下記のデータは必要となる。

- ①各町丁目の要支援・要介護高齢者数
- ②各町丁目内の要支援・要介護高齢者の地理的分布
- ③要支援・要介護高齢者介護度別の認定状況
- ④サービスセンターの利用者における要介護状態区分別の構成割合（高齢者介護度別の施設利用率）
- ⑤サービスセンターの地理的位置と入所定員

2010年4月時点における、上記の必要なデータを得るために、国勢調査および厚生労働省の公開データなどを用いて必要なデータを準備する。ただし、各要支援・要介護高齢者の実際の地理的分布データは入手できないため、各町丁目内の要支援・要介護高齢者人口データを用いて、町丁目内の各要支援・要介護高齢者の地理的分布をランダムに発生させることにする。

坊上ら⁵⁾の既存研究の調査結果によると、各施設の特性の差異が大きくないこと、および、50%以上の利用者は最近隣のサービスセンターを利用するとされており、ここでは、それらを踏まえて、各施設はほぼ均一のもととし、利用者も距離の最も近い

ものを利用すると仮定する。

また、厚生労働省の資料⁷⁾によると、要支援・要介護高齢者は、複数の通所施設を利用できるようになっている。そのため、ここでもそれを可能とするシミュレーションシステムとして設定する。

3-2 計画変数の設定

① 最大利用距離

サービスセンターの配置に関して、施設利用距離の基準や規定などが設けられていない。坊上ら⁵⁾の調査結果によると、多摩市の場合、80%利用距離は1.7～3.6kmの範囲に及ぶことが報告されている。ここでは、これを参考とし、高齢者の身体状況および送迎サービスの費用の減少と施設選択の自由度を増加させることを考慮し、金沢市におけるサービスセンターの最大利用距離（直線距離）として2.5kmと5kmを設定する。

②高齢者介護度別の週利用回数

要支援・要介護高齢者の利用回数に関する厚生省令第37号に基づき、二つの介護度別の利用可能状況を設定する。

- a)要支援1週1回、要支援2週2回、要介護1～5全て週2回サービスセンターを利用することを設定する。
- b)要支援1週1回、要支援2週2回、要介護1～5全て週3回サービスセンターを利用することを設定する。

3-3. シミュレーションの結果

1) 町丁目の範囲と利用者人口の変化（その1）

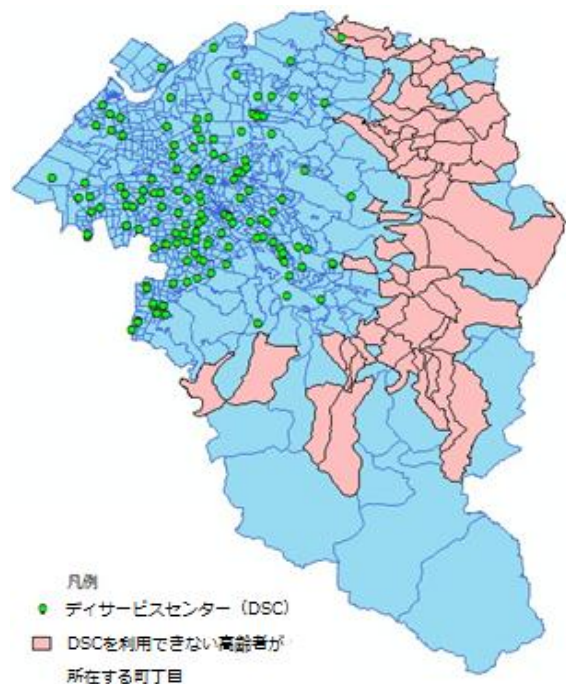


図-2 シミュレーションの結果1
 (最大利用距離2.5km・要介護週2回)

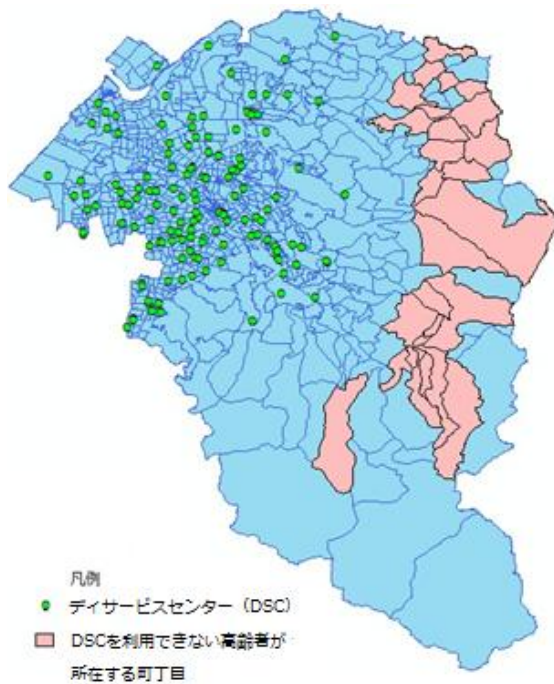


図3 シミュレーションの結果2
 (最大利用距離 5km・要介護週 2回)

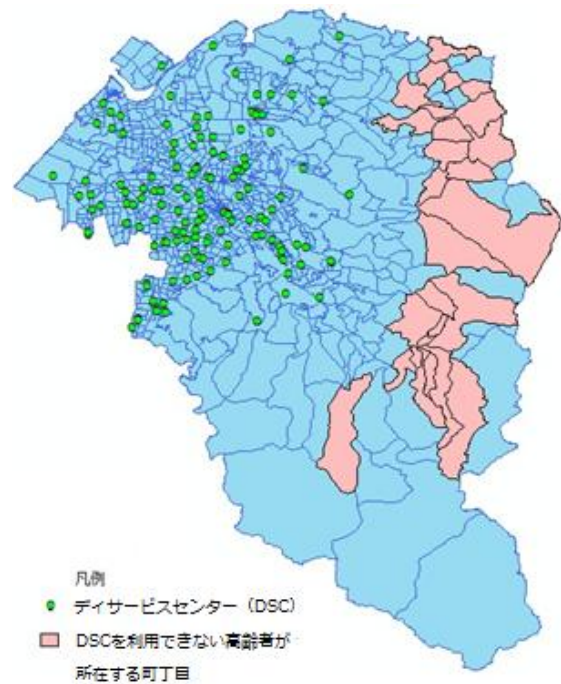


図4 シミュレーションの結果3
 (最大利用距離 5km・要介護週 3回)

図2・図3は平成22年4月における、金沢市において施設の最大利用距離2.5kmと5kmの制限で、要支援1の高齢者週1回、要支援2の高齢者週2回、各要介護別高齢者週2回の仮定条件で行ったシミュレーションの結果を示している。

それらによると、市街地の高齢者はすべていずれかのサービスセンターを利用しているが、山間部在住の101人の高齢者は、制限距離内に利用可能なサービスセンターが探索できないことがわかる。これは、最大利用距離2.5kmの設定による影響である。要支援・要介護高齢者人口の1.8%を占める。また、これらの高齢者が生活している町丁目は、金沢市における全797町丁目の7%を占めている。

次に、最大利用距離5kmと設定してシミュレーションを行った結果について、図4に示している。それによると、5kmの制限でサービスセンターを利用できない要支援・要介護高齢者の人口は48人になり、全部要支援・要介護高齢者人口の0.87%を占め、これらの高齢者の所在の町丁目は、金沢市における全町丁目の3.4%を占めていることがわかる。

金沢市の場合、山間部において、一定距離以内にサービスセンターが存在しない区域があり、それは、当然ではあるが、最大利用距離2.5kmの設定は5kmの設定より、施設利用できない高齢者人口及び町丁目の数が多いという状況がわかった。ただし、それらの人数は、最大距離2.5kmの場合でも2%未満であり、それほど多くはないことがわかる。

2)町丁目の範囲と利用者人口の変化 (その2)

図4は同じ最大利用距離5kmの場合で、要介護高齢者の週利用回数が3回に増加した場合についてシミュレーションを行った。

この条件で行ったシミュレーションの結果は、要支援・要介護高齢者48人がサービスセンターを利用できないことになった。なお、これらの高齢者が生活している町丁目が金沢市における全797町丁目の0.87%を占めている。

実際、図3と図4のシミュレーションの結果はほぼ同じになるようである。つまり、最大利用距離5kmの場合で、サービスセンターの利用回数が増えでも、都市中心部の高齢者は、おおむね十分な通所サービスを受けられ、山間部の高齢者は、近接したサービスセンターが不足しているため、利用施設が見当たらないということがわかる。

3-4. 施設選択自由度の比較

施設利用者からは、複数のサービスセンターについて選択可能であり、それらを比較して選択することが望ましい。ここでは、利用可能施設数を自由度と称す。

本研究では、最大利用距離と利用定員の制約の影響下において、利用できるサービスセンターの数が多くければ多いほど、利用者の選択性を満足させる程度も高くなると考える。

以下では、要支援・要介護高齢者の施設選択の自由度をシミュレーションし、比較する。

各町丁目の重心から、最大利用距離を制約条件として、施設選択の自由度を比較した。

表-1 町丁目の分布集計 (最大利用距離 2.5km)

利用できる サービスセンター数	町丁目数	割合(%)	面積(Ha)	面積比率(%)
0-7	218	27.4%	36517	78.9%
7-15	199	25.0%	5386	11.6%
16-23	159	19.9%	2376	5.1%
24-31	141	17.7%	1408	3.0%
32-37	80	10.0%	612	1.3%
総計	797	100.0%	46300	100.0%

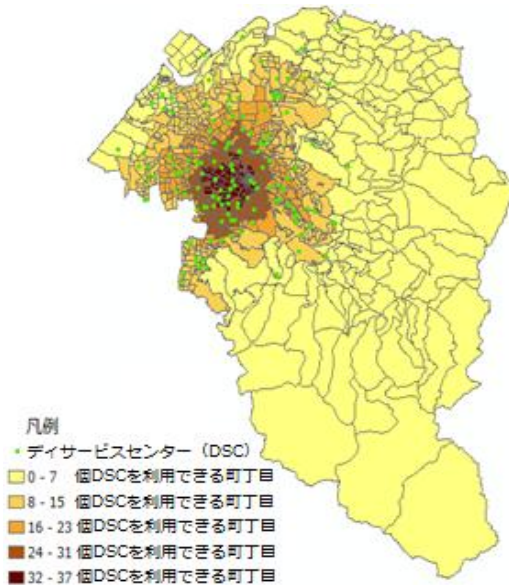


図-5 サービスセンターを利用できる町丁目
(最大利用距離 2.5km)

表-1 は最大利用距離 2.5km の制限で、町丁目別にみた利用可能施設数の度数分布表である。表-1 に示すように、半分以上の町丁目に住んでいる要支援・要介護高齢者が 15 箇所以下 (0~7 の階級と 8~15 の階級) のサービスセンター (金沢市における 136 箇所のサービスセンターの 11%) にはあるが、かなりの数の施設を選択できている。全体として、通所施設選択の自由度は相当高いと考えられる。

町丁目の地理分布 (図-5) について、15 箇所以下のサービスセンターを選択できる町丁目は都市中心部以外の区域にあり、面積が金沢市全域面積の 9 割を占めるということが分かった。郊外部ではサービスセンターが配置数が少なく、地域の面積も広いので、郊外の要支援・要介護高齢者がサービスセンターを選択する自由度は、中心部に比較してやや低くなる。

表-2 町丁目分布集計 (最大利用距離 5km)

利用できる サービスセンター数	町丁目数	割合(%)	面積(Ha)	面積比率(%)
0-17	147	18.4%	32291	69.7%
18-35	125	15.7%	5713	12.3%
36-53	122	15.3%	3204	6.9%
54-71	142	17.8%	2594	5.6%
72-89	261	32.7%	2498	5.4%
総計	797	100.0%	46300	100.0%

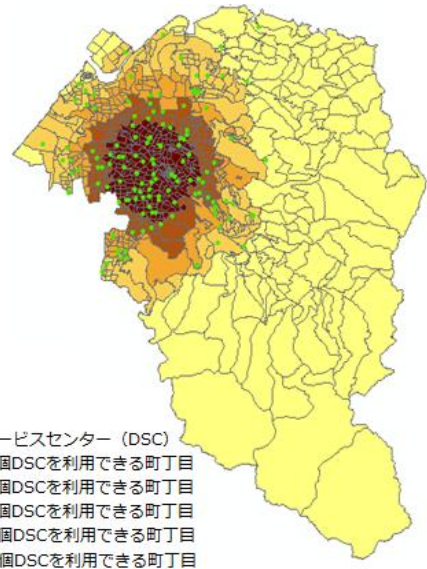


図-6 サービスセンターを利用できる町丁目
(最大利用距離 5km)

表-2 には、最大利用距離 5km の制限で、各高齢者が選択できる町丁目数の分布を示している。3 割以上の町丁目、要支援・要介護高齢者が 72 箇所 (72~89 の階級) 以上のサービスセンター (金沢市における 136 箇所のサービスセンターの 53%) を選択できることになる。図-6 によって、既存のサービスセンターは、都市の中心部に集中しており、中心部の町丁目の選択の自由度がそれに応じて比較的高くなっている。

一方、最大利用距離の増加とともに、都市中心部以外の区域 (郊外区域) において全体の 2 割の町丁目が最大 17 箇所 (0~17 の階級) のサービスセンターを利用できることになり、面積も金沢市全域面積の 7 割弱にまで達している。

なお、43 町丁目の高齢者が最大利用距離 5km の制約条件でサービスセンターを利用できるが、2.5km の制約条件では利用できないことになった。さらに、表-3 と図-7 の示すように最大利用距離の 2 倍の増加に伴い (2.5km→5km)、18 町丁目の高齢者が選択できるサービスセンターの数は 10 倍以上に増えることになる。この 18 町丁目の選択自由度の増幅率は他の町丁目と比較してかなり大きい。

表-3 サービスセンター (DSC) の利用状況の比較

町丁目名	2.5km以内 のDSC数	各DSCまでの 平均距離(m)	5km以内 のDSC数	各DSCまでの 平均距離(m)
清瀬町	2	1665	21	4028
栗崎町	2	833	21	3452
栗崎町4丁目	1	999	15	3796
栗崎浜町	1	1776	11	3804
湊3丁目	2	777	26	3620
東蚊爪町	2	944	23	3533
下涌波町	1	1776	13	3791
不動寺町	1	1443	10	3941
御所町	3	1776	33	3697
御所町1丁目	3	1628	39	3777
御所町2丁目	1	666	30	3818
山王町1丁目	3	1702	35	4034
山王町2丁目	2	1055	38	3786
東長江町	3	1628	34	3719
牧町	1	777	14	3925
朝加屋町	1	1998	11	3835
七曲町	1	1998	11	4036
上辰巳町	1	1332	14	3671

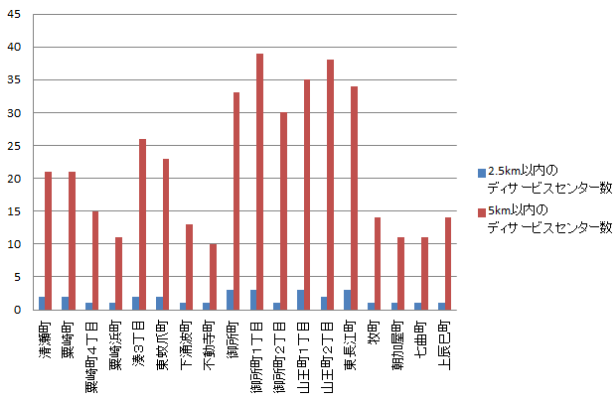


図7 最大利用距離の変化に伴うデイサービスセンター数の変化

最大利用距離の設定は高齢者の施設選択の自由度に影響を与えると考えられる。特に、郊外の区域（施設分布が少ない区域）には、5kmの設定の場合は2.5kmの設定より、当然ではあるが、施設選択の自由度は、一定程度増加することがわかる。

3-5. デイサービスセンター利用の検証

シミュレーションの結果を検証するため、デイサービスセンターの利用実績データを収集した。ただし、すべての施設の利用状況が公表されているわけではないので、ここでは6つのデイサービスセンターの実績と、シミュレーションの結果（最大利用距離5km・要支援1週1回、要支援2週2回、要介護1~5 全て週3回の条件下）を比較した（図-8）。

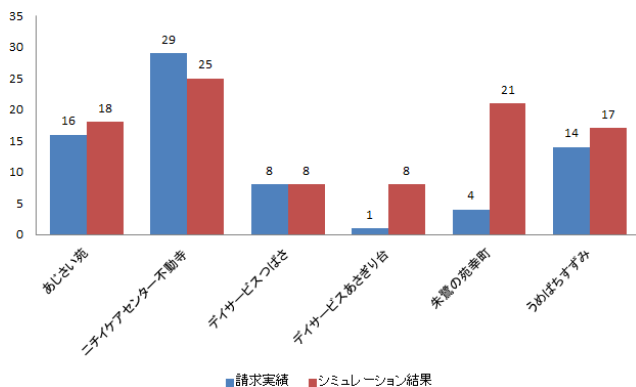


図-8 シミュレーション結果と請求実績の比較（日平均利用者数）

図-8 には、6つのデイサービスセンターの日平均利用者数の比較結果を示している。

この比較結果によって、「デイサービスあさぎり台」と「朱鷺の苑幸町」の実際の日利用者数はシミュレーションの結果よりかなり少ないことが分かった。この原因を考えると、二つのデイサービスセンターは市街地に立地しており、近くの他のデイサービスセンターも多く立地しているためと考えられる。そのため、利用実績とシミュレーションとの差異が発生していると考えられる。

一方、これら二つ以外のデイサービスセンターの請求実績はシミュレーションの結果と大きな差異がないということがわかる。

おおむね実際の状況に整合しているものと思われる。

4. まとめ

本研究は、厚生省令の通所施設の設置基準と個人施設選択理由などの既存研究にもとづいて、施設選択行為に関連する要因を抽出し、施設利用モデルを構築し、金沢市を事例地区として施設利用モデルを適用した。

施設利用状況については、様々な計画設定条件に対応したシミュレーションが可能になっており、各種の計画条件などの検討などに利用することができると考えられる。また、そうした事例として、シミュレーションの結果に基づき、最大利用距離と週利用回数の変化について分析を行い、どの程度、利用状況に影響を与えるのかを考察することができた。

本研究で構築した施設利用モデルを用いてシミュレーションすることにより、一定条件にもとづくマクロな利用状況を把握することが可能になる。なお、最大利用距離と週利用回数は厚生省令の設置基準などで規定されていないが、本研究では、この二つの条件の影響を取り入れることができるモデルとしている。

最大利用距離の設定を、他の規制と連動させた条件でシミュレーションすることにより、適正なデイサービスセンターの立地を検討することが可能になると考えられる。

今後の課題としては、最大利用距離について、直線距離ではなく、実際の路線を用いるようにし、その場合、利用圏域はどのように変化することを分析する必要がある。また、デイサービスセンターの利用実態をより把握し、本モデルの構造やシミュレーション条件に取り入れていくことも必要だと考えられる。

参考文献

- 高橋美保子・小田切陽一・内田博之（2006）、「地理情報システム(GIS)を使用した介護サービス施設の配置に関する検討」府市の通所介護施設を事例として」,山梨県立大学看護学部紀要, Vol.8, pp.1-8.
- 堀彰男・吉川徹(1999), 「定員設定に着目した通所型高齢者施設の配置計画に関する研究」,日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), 1999年9月, pp. 669-670.
- 野坂正史・吉川徹(1999), 「通所型高齢者施設の配置計画に関する研究～多摩ニュータウンの将来推計人口に基づくケーススタディ」,日本建築学会計画系論文集, 第525号, pp.201-208.
- 橋本圭子・岡崎仁史・横藤田誠（2008）, 「通所介護サービス利用者から見る事業所選択の基準利用者選択する価値」, 広島国際大学医療福祉学科紀要, 4号, pp.33-49.
- 坊上南海子・山田あすか・上野淳(2005), 「多摩市における高齢者デイサービスセンターの運営プログラム・活動の実態と利用構造」, 日本建築学会技術報告集, 22号, pp. 409-414.
- 畠山輝雄(2003), 「デイサービスセンター利用者の周辺市町村施設の選択理由と利用変化-藤沢市の事例」, 地理誌叢, 第44(1・2)号, pp. 21-28.
- 介護報酬・運営基準等に係る厚生労働省の Q&A. URL: <http://www.wam.go.jp/wamappl/bb05Kaig.nsf/vAdmPBcategory20/3879B01DE70CCFE449256EF300091C4D?OpenDocument>, 2011/5/30