

遺传的アルゴリズムを用いた高齢者在宅福祉サービス供給の最適化手法試案

A TENTATIVE METHOD TO OPTIMIZE THE WELFARE SERVICE
IN THE HOME FOR THE ELDERLY BY GENETIC ALGORITHMS

山下 剛*, 友清 貴和**

Gow YAMASHITA and Takakazu TOMOKIYO

In this study, we proposed a tentative method to optimize the welfare service in the home for the elderly by Genetic Algorithms(GA). This method make it possible that completely evaluation of needs of the elderly and supply of suitable services for old person's needs.

We made 64 types of the elderly and supposed 3 service needs every 64 types. And we executed the method to the supposition model.

As a result, we proved possibility of effectual supply of the welfare service in the home by the method using GA.

Keywords: genetic algorithms, welfare service in the home for the elderly, optimization, care system for the elderly

遺传的アルゴリズム、高齢者在宅福祉サービス、最適化、高齢者介護システム

1. 研究の背景と目的

1-1. 研究の背景

多くの高齢者は、もし介護を必要とする状態になっても住み慣れた地域や家庭で暮らしたいという希望を持っている^{注1)}。このため高齢者自身が暮らしたい場所で適切な高齢者在宅福祉サービスを選択・利用し、自分なりの年を重ねることができる高齢者介護システムの形成が必要になる^{注2)}。

このシステムの形成なしに我々が地域において高齢者と共存した生活を続けて行くことはもはや不可能であり、高齢者在宅福祉サービス供給に関する研究が今後の地域計画・地域施設計画において果たす役割は大きい。

現在の高齢者在宅福祉サービス供給における問題点を考えると、まず高齢者のニーズの策定が困難である点が挙げられる^{注3)}。高齢者在宅福祉サービスの供給にあたっては、高齢者の要介護度を判定し、それに応じたケアプランを作成するケアマネジメント機能が重要になるが^{注4)}、要介護度の判定手法もまだ具体的になっていないのが実状であり^{注5)}、市町村は高齢者の多様なニーズに対応した高齢者在宅福祉サービスの供給を行うノウハウも持っていない。

また市町村が高齢者福祉に使用できる予算が限られている点も指摘されている^{注6)}。「公的介護保険」導入後も十分な予算は確保で

きないと考えている市町村も多く、予算の有効活用という高齢者在宅福祉サービスが有する第2の問題点が明らかになっている。

つまり市町村における高齢者のサービスニーズを詳細に策定でき、なおかつ効率的にサービスを供給する仕組みを作っておくことこそが今後の「超高齢社会」の到来を前にして最も重要になる^{注7)}。

ここに、市町村に居住する高齢者のニーズを詳細に策定して、それに応じた最適な供給サービスの種類と量を効率的に決定できる新しい高齢者在宅福祉サービス供給手法が必要になる。またその決定は高齢者個々のニーズに応じるだけでなく、同時に市町村全体における高齢者福祉の向上にも対応していなければならない。

しかし市町村の供給可能量を超過したサービス供給量を算定してもそれは理想論に終わってしまう。このため新しい手法は今後サービス供給主体となる市町村側の視点に立ち、限られた予算を使って最大限の効果をえられる供給サービスを決定できる現実的な手法でなければならない。すなわち最適供給サービスの決定には市町村の福祉予算が考慮されている必要がある。

1-2. 研究の目的

本研究では以上のような決定手法を高齢者在宅福祉サービス供給の最適化手法（以下最適供給手法とする）と定義する。

同じ予算を使用しても、最適供給状態をどのように設定するか

* 鹿児島大学工学部建築学科 助手・工修

Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kagoshima Univ., M. Eng.

** 鹿児島大学工学部建築学科 教授・工博

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kagoshima Univ., Dr. Eng.

よって様々なサービス供給パターンが存在する。市町村は最適供給手法を用いて最適供給状態を変化させたサービス供給パターンを複数算定し、その中からサービス供給者（市町村）とサービス利用者（高齢者）とがともに満足できるものを選択することによって最終的な供給サービスを決定するべきだと考えられる。

本研究の目的は、この最適供給手法試案を遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithms, 以下GAと略す）を用いて設計し、この手法によって最終的な供給サービスを決定する際の有効な判断材料となるサービス供給パターンを提示し得る、その可能性を示すことである。

最適化問題の解法には他にも様々なアルゴリズムが考えられるが、中でもGAは複雑な離散的組み合わせ問題の解法に優れているとされる手法であり⁸⁾、こうした特性を利用して近年では建築計画においてもGAを用いた研究が行われるようになってきている。本研究は代表的なファクターによって構成される基本的な問題事象を想定しているが、現実即した問題事象を想定するほど様々なファクターの影響を受け最適解探索過程は広範で複雑なものとなる。より現実的な最適供給手法への今後の改良を展望し、本研究では最適解探索アルゴリズムとしてGAを使用することにした。

またGAの使用によって組み合わせ解が局所解に落ち込む危険性を大幅に削減でき、通常の配分アルゴリズムと比較して効率的な最適解算出が可能になる⁹⁾。この結果GA使用には最適解探索時間を短縮できる効果があるとされ、最適なサービス供給パターンを効率的に決定できると期待される。

2. 研究の方法

本論文は最適供給手法試案の設計とその実行、および評価という3つのステップによって構成され、最適供給手法試案の設計ステップはさらに政策的問題レベルにおける設計と方法的問題レベルにおける設計によって構成される。

本研究では市町村モデルとして鹿児島県の市部平均74000人（平成2年）の人口を持つ市を想定し、ここに市部平均高齢化率7.3%（平成2年）に従って12802人の高齢者が居住しているものとした。鹿児島県が平成4年に実施した『高齢者生活状況調査』結果から、このうち64.5%が介護が必要となる何らかの障害を有するものとして、8257人を高齢者在宅福祉サービス受給対象者とする。

2-1. 最適供給手法試案の設計

2-1-1. 政策的問題レベルにおける最適供給手法設計

高齢者在宅福祉サービスの供給は市町村の福祉施策として行われるものである。このため市町村においてどのようなサービスが必要とされているのかを表すサービスニーズモデルと、市町村がどのようにサービスを供給するのかを表すサービスサプライモデルをサービス供給主体である市町村が策定する方法を示し、政策的問題レベルにおける最適供給手法を設計する。

なお本研究では基本的な問題事象を想定しており、このため今回対象とする高齢者在宅福祉サービスは、高齢者在宅福祉の中核を担うホームヘルプサービス（以下HHと略す）、ショートステイサービス（同SS）、デイサービス（同DS）の3サービスに限定した。

2-1-2. 方法的問題レベルにおける最適供給手法設計

本研究で示す最適供給手法は、策定したサービスニーズモデルに対してサービスサプライモデルを適用し、最適な供給サービスの種

類と量を算定するものである。次にこの一連のプロセスを数理化してGA化し、方法的問題レベルにおける最適供給手法を設計する。

GAの計算には一般的なデスクトップ型パソコンを使用する¹⁰⁾。これは市町村役場レベルでも使用可能な最適供給手法を構想しているためである。

2-2. 最適供給手法試案の実行

設計した最適供給手法試案を先に想定した市町村モデルに対して実際に実行し、サービス供給パターンを算定する。

2-3. 最適供給手法試案の評価

実行結果をもとに、本手法の効果と問題点について考察する。

3. 最適供給手法試案の設計

3-1. 政策的問題レベルにおける最適供給手法の設計

3-1-1. サービスニーズモデルの具体的策定

市町村が供給する高齢者在宅福祉サービスの種類と量は、詳細に策定された高齢者のサービスニーズに対応して決定されるべきである。このため高齢者在宅福祉サービス供給に際しては、まず市町村におけるサービスニーズを詳細に策定できる方法が必要になる¹¹⁾。

本研究では、まず高齢者をその介護度から64タイプに類型して各タイプにおける高齢者1人あたりサービス必要量を設定し、これにタイプ別高齢者数を乗じてサービス必要量を算出するという方法を用いた。この方法に則って想定した市町村モデルにおけるサービス必要量を具体的に算出し、本研究におけるサービスニーズモデルを策定する。

1) 64高齢者タイプとタイプ別人数の設定

まず高齢者のサービスニーズを詳細に設定するために、〔身体介護度〕〔家族介護度〕〔住宅介護度〕〔年齢介護度〕の4介護度を設定した。

〔身体介護度〕は高齢者の有する身体障害の程度を表し、次の4段階を設定した。

- ①〔軽度〕何らかの障害があるものの、日常生活はほぼ自立しており、独力での外出も可能な状態。
- ②〔中度〕屋内での生活は概ね自立しているが、介助なしの外出はできない状態。
- ③〔重度〕屋内での生活は何らかの介助を要し、日中もベッドの上での生活が主体であるが、座位は保てる状態。
- ④〔最重度〕1日中ベッドの上で過ごし、排泄・食事・着替えにおいて介助を要する状態。

4段階割合は、鹿児島県が平成4年に実施した『高齢者生活状況調査』結果をもとに設定し、〔軽度〕50%〔中度〕30%〔重度〕15%〔最重度〕5%とした。

〔家族介護度〕は高齢者を介護可能な家族の人数を表し、家族による高齢者介護の程度を表す。次の4段階を設定した。

- ①〔2人以上〕配偶者に加えて、子供夫婦のいずれかも介護可能な状態。
- ②〔1人〕配偶者のみが介護可能な状態。
- ③〔0.5人〕同居家族はいないが、徒歩圏内に介護可能な親類が住んでいる状態。
- ④〔0人〕独居であり、介護可能な親類も近くに全く住んでいない状態。

高齢者のいる世帯の構成割合を3段階の高齢者の健康状態別に集計した鹿児島県の資料（平成2年）を利用し、〔家族介護度〕4段階割合を設定する。この資料を利用するために〔身体介護度〕が〔軽度〕〔中度〕の場合の世帯構成割合をほぼ同一のものとして考え、〔2人以上〕33.7%〔1人〕38.8%〔0.5人〕12.5%〔0人〕15.0%とし、〔重度〕の場合を〔2人以上〕39.2%〔1人〕36.5%〔0.5人〕11.0%〔0人〕13.3%、〔最重度〕の場合を〔2人以上〕59.9%〔1人〕29.6%〔0.5人〕4.8%〔0人〕5.7%と設定した。

〔住宅介護度〕は高齢者の居宅における改造の有無を表し、在宅福祉サービス実施に対する住宅の適性を示す。次の2段階を設定した。

- ①〔高改造度〕在宅福祉サービスの実施効率向上に寄与するような改造を住宅に施している状態。
- ②〔低改造度〕在宅福祉サービスの実施効率向上に寄与するような改造を特に施していない状態。

各割合は鹿児島県が平成4年に実施した『高齢者生活状況調査』結果をもとに設定し、〔高改造度〕46.8%〔低改造度〕53.2%とした。

高齢者の場合、その年齢から今後の疾病の出現状態をある程度予測することが可能である。そこで〔年齢介護度〕は高齢者の年齢によって将来のサービスニーズを予測し、それを供給サービス決定に反映させるために採用した。これによって高齢者医療に関するデータも利用できるようになる。次の2段階を設定した。

- ①〔前期〕65才以上75才未満の高齢者。健康状態における急激な変化が小さく、サービスユーザーになる可能性が比較的低い状態。
- ②〔後期〕75才以上の高齢者。健康状態が急激に悪化する危険性があり、将来何らかのサービスユーザーとなる可能性が高い状態。

各割合は鹿児島県における平成2年国勢調査結果から設定し、〔前期〕60.4%〔後期〕39.6%とした。

これら4介護度を組み合わせて作成した64高齢者タイプ（ $i:i=1\sim 64$ ）に、先に設定した高齢者在宅福祉サービス受給対象者8257人を配分してさらに人数を整数化して調整し、タイプ別人数（ P_i ）を設定した。【表1】

2) 高齢者1人あたりサービス必要量の設定

高齢者1人あたりサービス必要量を設定するため、まず4介護度における3サービスニーズを設定し、各介護度内で格差付けを行う。

〔身体介護度〕では、高齢者を看護・介護するサービスであるHH、SSのニーズが障害の重いタイプで高くなるように設定した。健康状態の維持・促進を図るDSのニーズは逆に障害の軽いタイプで高くなるように設定した。

〔家族介護度〕では、HH、DSのニーズが介護家族の少ないタイプで高くなるように設定した。介護家族の福祉向上を目的の一つとするSSのニーズは、逆に介護家族の多いタイプで高くなるように設定した。

〔住宅介護度〕では、HHは住宅改造度が高いほどサービス実施効率を高められると考え、HHのニーズは高改造度タイプで高くなるように設定した。また改造度が低ければ在宅サービスの実施効率は低くなるため、低改造度タイプでは高齢者を施設に一時預かるSS、DSのニーズが高くなるように設定した。

〔年齢介護度〕では、深刻な障害の出やすい後期高齢者において

【表1】介護度による64高齢者タイプとタイプ別人数

高齢者タイプ No.	身体介護度	家族介護度	住宅介護度	年齢介護度	人数 (人) P_i
1	軽度	2人以上	高改造度	前期	393
2	軽度	2人以上	高改造度	後期	258
3	軽度	2人以上	低改造度	前期	447
4	軽度	2人以上	低改造度	後期	293
5	軽度	1人	高改造度	前期	453
6	軽度	1人	高改造度	後期	297
7	軽度	1人	低改造度	前期	515
8	軽度	1人	低改造度	後期	337
9	軽度	0.5人	高改造度	前期	146
10	軽度	0.5人	高改造度	後期	95
11	軽度	0.5人	低改造度	前期	166
12	軽度	0.5人	低改造度	後期	109
13	軽度	0人	高改造度	前期	175
14	軽度	0人	高改造度	後期	115
15	軽度	0人	低改造度	前期	199
16	軽度	0人	低改造度	後期	130
17	中度	2人以上	高改造度	前期	236
18	中度	2人以上	高改造度	後期	155
19	中度	2人以上	低改造度	前期	268
20	中度	2人以上	低改造度	後期	176
21	中度	1人	高改造度	前期	271
22	中度	1人	高改造度	後期	178
23	中度	1人	低改造度	前期	309
24	中度	1人	低改造度	後期	202
25	中度	0.5人	高改造度	前期	88
26	中度	0.5人	高改造度	後期	58
27	中度	0.5人	低改造度	前期	99
28	中度	0.5人	低改造度	後期	65
29	中度	0人	高改造度	前期	105
30	中度	0人	高改造度	後期	69
31	中度	0人	低改造度	前期	120
32	中度	0人	低改造度	後期	78
33	重度	2人以上	高改造度	前期	138
34	重度	2人以上	高改造度	後期	90
35	重度	2人以上	低改造度	前期	156
36	重度	2人以上	低改造度	後期	102
37	重度	1人	高改造度	前期	128
38	重度	1人	高改造度	後期	84
39	重度	1人	低改造度	前期	145
40	重度	1人	低改造度	後期	95
41	重度	0.5人	高改造度	前期	38
42	重度	0.5人	高改造度	後期	25
43	重度	0.5人	低改造度	前期	44
44	重度	0.5人	低改造度	後期	29
45	重度	0人	高改造度	前期	47
46	重度	0人	高改造度	後期	30
47	重度	0人	低改造度	前期	53
48	重度	0人	低改造度	後期	35
49	最重度	2人以上	高改造度	前期	70
50	最重度	2人以上	高改造度	後期	46
51	最重度	2人以上	低改造度	前期	79
52	最重度	2人以上	低改造度	後期	52
53	最重度	1人	高改造度	前期	35
54	最重度	1人	高改造度	後期	22
55	最重度	1人	低改造度	前期	39
56	最重度	1人	低改造度	後期	26
57	最重度	0.5人	高改造度	前期	5
58	最重度	0.5人	高改造度	後期	3
59	最重度	0.5人	低改造度	前期	7
60	最重度	0.5人	低改造度	後期	5
61	最重度	0人	高改造度	前期	6
62	最重度	0人	高改造度	後期	4
63	最重度	0人	低改造度	前期	8
64	最重度	0人	低改造度	後期	6

HHのニーズが高くなるように設定した。障害が出現しても比較的軽度で済むものと思われる前期高齢者には、SS、DSのニーズが高くなるように設定した。

以上のニーズ設定に従い、次に64タイプ別に高齢者1人あたりサービス必要量(NHHi, NSSi, NDSi)を設定する。ニーズの高いタイプでサービス必要量が多くなるように設定し、各サービスの最大必要量がそれぞれ新ゴールドプランの目標水準を下回らないように設定している^{注12)}。高齢者1人あたりサービス必要量は各サービスごとに64段階で格差付けられており、その大小順位はサービスによって異なる。【表2】

HHについては、最大サービス必要量を1日あたり180分、これを週6日、年52週利用できるものとして年間56160分とした。これを64段階で短くして行き、最小値は年間3114分とした。最小値は多くのサービスを必要としない高齢者でも、ほぼ毎週1日、60分のHHを利用できる値である。

SSについては、最大サービス必要量を1月あたり7日、年間84日とした。これを64段階で短くして行き、最小値は年間21日とした。最小値は多くのサービスを必要としない高齢者でも1年に3週間分のSSを利用できる値である。

DSについては、最大サービス必要量を1月あたり13日、年間156日とした。これを64段階で短くして行き、最小値は年間30日とした。最小値は多くのサービスを必要としない高齢者でも1年に約1ヶ月分のDSを利用できる値である。

3) 単位量あたりサービスコストの設定

本研究では市町村の使用可能予算を制約条件として使用するため、単位量あたりコストをHH、SS、DSごとに設定してサービス必要量を必要予算の形に変換する。

HHでは、ヘルパー1人あたり経費を年間1,518,430円^{注13)}とし、これを年間実働時間89856分^{注14)}で除した1分あたり16.9円を単位量あたりサービスコスト(CHH)とした。

SSでは、特別養護老人ホームの必要経費1日あたり6,080円^{注15)}を単位量当たりコスト(CSS)とした。

DSでは、1施設の年間運営費15,891,000円^{注16)}を延べ年間実施工日数7800日^{注17)}で除し、1日あたり2,040円を単位量当たりコスト(CDS)とした。

本来SS、DSについてはサービス実施拠点となる施設の建設費も考慮しておく必要がある。しかし今回は初歩的な研究として基本的な問題事を想定しており、必要な施設は既に設置してあるものとして、運営面でのサービスコストのみを考慮するに止めた^{注18)}。

4) 64高齢者タイプ別必要予算の設定

64タイプ別高齢者1人あたりサービス必要量(NHHi, NSSi, NDSi)に、単位量あたりサービスコスト(CHH, CSS, CDS)とタイプ内人数(Pi)を乗じ、64高齢者タイプ別必要予算(DHHi, DSSi, DDSi)を設定した。これは各タイプ内の高齢者全員に当該サービスを完全供給する場合に必要な予算である。【表2】

これを全64タイプ・3サービスで合計したものを、総必要予算(D)とする。

$$\text{総必要予算(D)} = \sum (NHHi * CHH * Pi + NSSi * CSS * Pi + NDSi * CDS * Pi) \quad [i=1 \sim 64] \quad (1)$$

総必要予算は市町村の高齢者在宅福祉サービス受給対象者全員

【表2】64タイプ別高齢者1人あたりサービス必要量と必要予算

高齢者タイプ No.	ホームヘルパー		ショートステイ		デイ	
	必要量 分/年	必要予算 円/年	必要量 日/年	必要予算 円/年	必要量 日/年	必要予算 円/年
	NHHi	DHHi	NSSi	DSSi	NDSi	DDSi
1	4798	31866877	26	62125440	96	76965120
2	5640	24591528	25	39216000	94	49474080
3	3114	23524090	28	76097280	100	91188000
4	3956	19588925	27	48098880	98	58576560
5	8166	62516446	30	82627200	104	96108480
6	9008	45213854	29	52367040	102	61799760
7	6482	56416087	32	100198400	108	113464800
8	7324	41712377	31	63517760	106	72872880
9	11534	28458992	34	30181120	112	33358080
10	12376	19869668	33	19060800	110	21318000
11	9850	27633190	36	36334080	116	39282240
12	10692	19695733	35	23195200	114	25349040
13	14902	44072665	22	23408000	120	42840000
14	15744	30598464	21	14683200	118	27682800
15	13218	44453456	24	29038080	124	50339040
16	14060	30889820	23	18179200	122	32354400
17	18270	72868068	42	60264960	128	61624320
18	19112	50063884	41	38638400	126	39841200
19	16586	75121311	44	71695360	132	72167040
20	17428	51837843	43	46013440	130	46675200
21	21638	99099876	46	75793280	136	75186240
22	22480	67624336	45	48700800	134	48658080
23	19954	104201783	48	90178560	140	88250400
24	20796	70993385	47	57723520	138	56867040
25	25006	37188923	50	26752000	144	25850880
26	25848	25336210	49	17279360	142	16801440
27	23322	39020038	52	31299840	148	29890080
28	24164	26544154	51	20155200	146	19359600
29	28374	50349663	38	24259200	152	32558400
30	29216	34068778	37	15522240	150	21114000
31	26690	54127320	40	29184000	156	38188800
32	27532	36292682	39	18495360	154	24504480
33	31742	74028692	74	62088960	64	18017280
34	32584	49560264	73	39945600	62	11383200
35	30058	79244911	76	72084480	68	21640320
36	30900	53265420	75	46512000	66	13733280
37	35110	75949952	78	60702720	72	18800640
38	35952	51037459	77	39325440	70	11995200
39	33426	81910413	80	70528000	76	22480800
40	34268	55017274	79	45630400	74	14341200
41	38478	24710572	82	18945280	80	6201600
42	39320	16612700	81	12312000	78	3978000
43	36794	27360018	84	22471680	84	7539840
44	37636	18445404	83	14634560	82	4851120
45	41846	33238278	70	20003200	88	8437440
46	42688	21642816	69	12585600	86	5263200
47	40162	35973103	72	23201280	92	9947040
48	41004	24253866	71	15108800	90	6426000
49	45214	53488162	58	24684800	32	4569600
50	46056	35803934	57	15941760	30	2815200
51	43530	58116903	60	28819200	36	5801760
52	44372	38994114	59	18653440	34	3606720
53	48582	28736253	62	13193600	40	2856000
54	49424	18375843	61	8159360	38	1705440
55	46898	30910472	64	15175680	44	3500640
56	47740	20976956	63	9959040	42	2227680
57	51950	4389775	66	2006400	48	489600
58	52792	2676554	65	1185600	46	281520
59	50266	5946468	68	2894080	52	742560
60	51108	4318626	67	2036800	50	510000
61	55318	5609245	54	1969920	56	685440
62	56160	3796416	53	1288960	54	440640
63	53634	7251317	56	2723840	60	979200
64	54476	5523866	55	2006400	58	709920
計	1896768	2493006474	3360	2117062080	5952	1807468560

に、3サービスを完全供給するために必要な予算の総額である。

想定した市町村モデルにおける各サービスの必要予算は、HHが2,493,006,474円、SSが2,117,062,080円、DSが1,807,468,560円となり、合計6,417,537,114円が総必要予算となる。

【表2】で示すモデルを、本研究におけるサービスニーズモデルとする。

3-1-2. サービスサプライモデルの具体的策定

本研究で示す最適供給手法では、策定したサービスニーズモデルに対して「どのような高齢者にどのようなサービスをどのくらい供給する」のが最適であるのかを示すサービスサプライモデルを適用し、最適な供給サービスの種類と量を算定する。市町村はその高齢化状況や財政状態を考慮して様々なサービスサプライモデルを策定し、各ケースにおける最適なサービス供給パターンを算定する。

そこでまず最適供給状態を設定して、予算充足率による各サービスへの供給予算比と高齢者福祉得点の設定によってこれを表現する方法を示し、本研究におけるサービスサプライモデルを策定する。

1) 最適供給状態の設定

最適供給状態の設定は、供給すべき最適な供給サービスの種類と量を設定することによって行う。

まず最適供給サービスの種類については、本研究では市町村が十分な予算を準備できない場合には高齢者在宅福祉の根幹を担うHHが重点的に供給され、予算が増加するに従ってSS、DSと順次供給されるようになる形を最適供給状態として設定した。

次に最適供給サービスの量については、サービス必要量の多い高齢者タイプに多くのサービスが供給されるという基本的な形を最適供給状態として設定した。この最適供給状態では各サービスの必要量が多い高齢者タイプへとサービスは重点供給され、十分な予算が準備できないときには、各サービスの必要量が少ない高齢者タイプにはサービスが全く供給されない場合も生じる。これは極端な形ではあるが、高齢者のニーズに対して十分な予算を準備できない場合には最も効果的なサービス供給状態となる。

本最適供給手法試案では以下に設定する予算充足率による各サービスへの供給予算比と高齢者福祉得点を適宜変更することによって、最適供給状態の変更に対応できる。

2) 予算充足率による各サービスへの供給予算比の設定

先に設定した供給サービスの種類における最適供給状態を表現するため、本研究で示す最適供給手法では総使用可能予算(B)の総必要予算(D)に対する割合(これを予算充足率とする)から、最初にHH、SS、DSへの供給予算比(RHH, RSS, RDS)を設定しておく方法をとった。この方法によって各サービス間に予め供給予算格差を付すことができ、サービス供給主体である市町村が志向する高齢者在宅福祉サービスの優先整備順位を表現することができる。

具体的には、予算充足率が70%程度のときにHH、SS、DSへの予算供給比が5:3:2となるように設定し^{注19)}、予算充足率が100%のときの各サービスへの供給予算比が3サービスの総必要予算比(DHH:DSS:DDS)と等しくなるように設定した。【図1】

本研究では、総必要予算6,417,537,114円のうち約60%にあたる3,850,000,000円を総使用可能予算として設定している。この結果各サービスへの供給予算はHHが2,233,000,000円(58%)、SSが962,500,000円(25%)、DSが654,500,000円(17%)となる。

3) 高齢者福祉得点の設定

高齢者在宅福祉サービスの供給によって生じる市町村全体での高齢者福祉効果を評価する値として、高齢者福祉得点を使用する。

まず64高齢者タイプにおけるHH、SS、DSそれぞれのサービス効果を表す値として、単位予算あたり高齢者福祉得点を設定する。限られた予算を使って最大の高齢者福祉得点が得られるのは、この単位予算あたり高齢者福祉得点の高い高齢者タイプに多くの予算が供給された場合である。

先の最適供給状態設定に従い本研究では単位予算あたり高齢者福祉得点の大小が、サービスニーズを表現する高齢者1人あたりサービス必要量の大小と一致するように設定する。具体的には、高齢者1人あたりサービス必要量が最も多い高齢者タイプに単位予算あたり高齢者福祉得点(64²⁾を与え、最も低い高齢者タイプに単位予算あたり高齢者福祉得点(1²⁾を与える。この間を値がロジスティックカーブ状に増加して行くように設定した。ロジスティックカーブ増加型を採用したのは、単純比例増加型、指数カーブ増加型との比較において最も高い高齢者福祉得点を得られたためである^{注20)}。

これによって単位予算あたり高齢者福祉得点はサービスニーズを表現することになり、予算供給は高齢者個々のニーズへの対応と市町村全体での高齢者福祉得点の最大化を同時に図りながら行われるようになる。

64高齢者タイプ別に設定した単位予算あたり高齢者福祉得点(SHHi, SSSi, SDSi)に、最適供給手法を実行して算出された供給予算(BHHi, BSSi, BDSi)を乗じたものの和を、高齢者タイプ(i)における高齢者福祉得点(Si)とする。

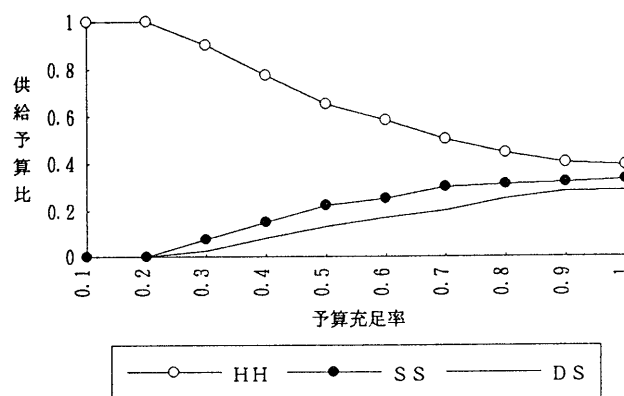
単位予算あたり高齢者福祉得点は64高齢者タイプのサービスニーズを表現している。よってニーズの高い高齢者タイプに多くの予算が供給されると高い高齢者福祉得点が算出され、設定した最適状態に近づくことになる。つまり高齢者福祉得点は市町村における在宅福祉サービス需給の整合度を表し、サービスが市町村において効果的に供給されているのかどうかを知る指針ともなる。

この高齢者福祉得点を全高齢者タイプで合計したものを総高齢者福祉得点(S)とする。

$$\text{総高齢者福祉得点}(S) = \sum (S_{HHi} \cdot B_{HHi} + S_{SSi} \cdot B_{SSi} + S_{DSi} \cdot B_{DSi}) \quad [i=1 \sim 64] \quad (2)$$

3-2. 方法的問題レベルにおける最適供給手法設計

次にこれまで設計してきた政策的問題レベルにおける最適供給手法を数理化し、コンピューター処理するためのGAとして具体的に



【図1】 予算充足率による各サービスへの供給予算比

設計する。GAは生物進化プロセスを最適解探索に応用したものであり、生物進化になぞらえた各ステップによって構成される。【図2】

(1) 遺伝子型の決定処理

ii) 問題事象のモデル化

本研究における問題事象は、64高齢者タイプに対して限られた予算内で高齢者在宅福祉サービスを供給するとき、高齢者個々のニーズに応じつつ同時に市町村全体での高齢者福祉効果を最も高められる最適な供給サービスの種類と量を見出すというものである。

制約条件が市町村の使用可能予算であるため、GAでの使用単位は(予算)円とする。そのため高齢者のニーズを表すサービス必要量は必要予算で、GAの結果決定されるサービス供給量は供給予算でそれぞれ表現する。

GAによって探索する解は必要予算に対する供給予算の割合(これをサービス充足率とする)とし、サービス供給量はサービス充足率を先に設定したサービス必要量に乗じて算出する。

ii) モデルの記号表現

高齢者タイプ(i)におけるサービス(j)の必要予算を D_{ij} 、供給予算を B_{ij} とすると、GAによって得られる解(これをGA解とする)はサービス充足率を表す $64 \times 3 = 192$ 個のパラメーター(F_{ij})によって構成される。

$$\frac{B_{ij}}{D_{ij}} = F_{ij} \quad [i=1 \sim 64, j=1 \sim 3] : \text{サービス充足率}(\%) \quad (3)$$

よって1つのGA解(これを1個体とする)は192個のサービス充足率から構成される組み合わせ解である。

ここでは各パラメーターを7ビットで表現する。これは各パラメーターが2⁷通りの変域を持つことを意味する。よって1個体は $7 \times 192 = 1344$ ビットの数列(これを遺伝子とする)で表現され、1個体は 2^{1344} 通りの組み合わせを持つ。本研究におけるGAではこの 2^{1344} 通りの組み合わせの中から最適解を探索する。

(2) 集団発生処理

自然界の中では個体数の少ない種は十分に進化することができない。これはGAでも同様であり、解を進化させるためにはある一定以上の個体数(これを集団サイズとする)が必要になる。

ここでは最初に作成した個体を複製して遺伝子をランダムに操作し、遺伝子型が少しずつ異なる16個体による集団を生成する。

(3) 個体の評価処理

個体の適応度を表す評価値を算出し、16個体に優劣をつける。先に設定した式(2)を使用し、16個体についてそれぞれ総高齢者福祉得点を算出する。本研究におけるGAではこの総高齢者福祉得点を最大化する解を探索する。

なおGA解に基づいて算出された供給予算の総和が総使用可能予算をオーバーした個体にはペナルティを付し、この場合には総高齢者福祉得点が低く算出されるように設定している。

(4) 淘汰処理

総高齢者福祉得点が16個体中で平均以下の個体は、低適応度としてここで消滅させる。

(5) 増殖処理

淘汰処理によって集団サイズは減少するから、残った優良個体の複製を作って集団サイズを16に復元させる。

(6) 交叉処理

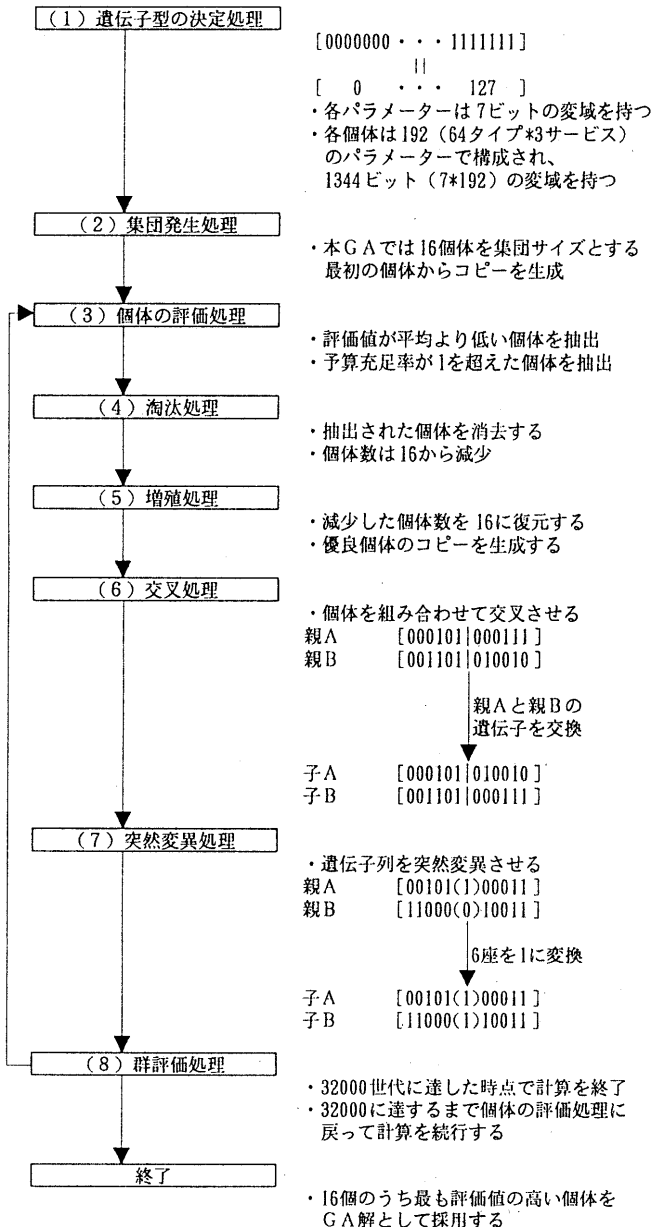
ここまでの処理によって形成された個体集団を親世代とし、設定した確率で交叉を行わせて子世代を生成させる。子世代には親世代の優良遺伝子が強く受け継がれるため、さらに優良な個体集団を生成する可能性が生まれる。交叉確率については7パターンの比較検討から0.95を採用した^{注21)}。

(7) 突然変異処理

ここまでの処理は個体集団が最初に持っていた遺伝子型の内部で行われるため、このままではGA解が初期の段階で収束し、局所解に落ち込む危険性がある。GAでは次に遺伝子の一部をある確率で一斉に突然変異させて解の探索範囲を拡大させ、局所解からの脱出を図る。突然変異確率については11パターンの比較検討から0.005を採用した^{注22)}。

(8) 群評価処理

以上の各処理を計算回数(これを世代数とする)が32000に達するまで繰り返す。32000世代は使用したコンピューターの処理能力限界である。GAの計算打ち切り基準にはいくつかあるが、今回は世代数による判断を行った。



【図2】GAの構成

本研究では膨大な組み合わせの中で最適解探索を行うため、必ずしもGA解が最適解に到達するとは限らない。よって最大世代まで計算を続行し、最適解に最も接近したGA解を得る。

4. 最適供給手法試案の実行

以上のように設計してきた最適供給手法試案を先に想定した市町村モデルに対して実行し、64高齢者タイプ別にHH、SS、DSそれぞれのサービス充足率を得た。【表3】

これは先に設定した最適供給状態における予算充足率60%の場合の解の一例である。これに従うとタイプ(No.1)については1年間に1人あたりHH1775分(必要量に対して37%)、SS4日(同16%)がこのタイプに属する高齢者393人全員に供給され、DSは全く供給されないことになる。

ここで最適供給状態設定を変更して再度最適供給手法を実行し、これを必要回数繰り返す。この作業によって設定した最適供給状態それぞれに応じて異なるサービス供給パターンを算定できる。供給サービスの最終的な決定はサービス供給者(市町村)とサービス利用者(高齢者)とが算定した複数のサービス供給パターンを比較検討し、その中から最も適したものを採用して行う。

5. 最適供給手法試案の評価

最適供給手法を実行することによって、設定した最適供給状態における最も適したサービス供給パターンを算定できることを示したが、ここで本手法試案がどの程度最適解に接近したGA解を算定しているのか、その精度について評価する必要がある。

本研究で示した最適供給手法試案では極端な場合の最適供給状態を設定していたため、厳密に最適解が分かる(これを厳密解とする)。64高齢者タイプ別に、算定されたGA解値と厳密解値の差を算出し、各値における高齢者タイプ度数を集計して、3サービスごとに累積度数を算出した。【図3】

この結果、厳密解から大きく離れた値を算定した高齢者タイプは少なく、全体的に厳密解に近づいたGA解を得られていることが分かる。特にHH、SSについては厳密解値とGA解値が一致している高齢者タイプがそれぞれ40タイプ(62.5%)と30タイプ(46.9%)あり、この2サービスについてはかなり厳密解に近づいたGA解が得られている。

それに比べてDSについては、厳密解値とGA解値が一致している高齢者タイプは12タイプ(18.8%)と少なく、最適解探索はやや遅れている。DSに配分される予算は他の2サービスに比べて少ないために予算制約条件が厳しく作用し、生成された解の多くが生存条件を満たせずに劣性解として淘汰されてしまう。このためDSについてはHH、SSに比べて最適解探索に時間がかかり、厳密解に十分接近したGA解を得るに至っていないものと考えられる。

こうした問題点を解消して最適解探索効率を向上させる対策が必要であるが、算定されたGA解は最初に設定した最適供給状態から大きく逸脱するものではなく、ほぼ厳密解に近づいたものとなっている^{注3}。またGA解において算出される総高齢者福祉得点は、厳密解において算出される総高齢者福祉得点の98%に到達しており、最適供給手法による最適解探索そのものは順調に進んでいる。【図4】

【表3】64高齢者タイプ別サービス充足率と高齢者福祉得点

高齢者タイプ No.	ホームヘルパー		ショートステイ		デイ	
	サービス充足率	GA解得点	サービス充足率	GA解得点	サービス充足率	GA解得点
1	.370	1.56E+05	.016	2.83E+04	.000	0.00E+00
2	.559	2.36E+05	.079	6.88E+04	.008	5.89E+06
3	.370	6.85E+04	.008	2.91E+04	.000	0.00E+00
4	.591	1.18E+05	.016	2.83E+04	.024	2.58E+07
5	.126	2.95E+05	.016	1.06E+05	.008	1.73E+07
6	.913	2.00E+06	.000	0.00E+00	.016	2.11E+07
7	.181	2.28E+05	.000	0.00E+00	.087	2.44E+08
8	.252	3.04E+05	.016	1.06E+05	.031	5.50E+07
9	.874	2.63E+06	.024	1.64E+05	.669	5.84E+08
10	.976	2.65E+06	.016	5.32E+04	.874	4.77E+08
11	.441	7.67E+05	.008	1.10E+05	.213	2.26E+08
12	.039	6.32E+04	.000	0.00E+00	.953	6.44E+08
13	.874	1.14E+07	.031	7.55E+03	.543	6.42E+08
14	.858	1.01E+07	.252	2.91E+04	.992	7.51E+08
15	.811	6.39E+06	.008	3.92E+03	.354	4.97E+08
16	.780	5.53E+06	.000	0.00E+00	.984	8.84E+08
17	1.000	6.01E+07	.008	8.25E+05	.181	3.13E+08
18	.976	5.18E+07	.008	4.14E+05	.748	8.35E+08
19	1.000	3.72E+07	.039	7.92E+06	.496	1.01E+09
20	.921	3.05E+07	.047	4.81E+06	.724	9.52E+08
21	1.000	2.19E+08	.087	2.90E+07	1.000	2.13E+09
22	1.000	1.90E+08	.024	4.07E+06	1.000	1.37E+09
23	1.000	1.42E+08	.465	2.82E+08	.197	4.92E+08
24	.992	1.22E+08	.992	3.14E+08	.937	1.51E+09
25	1.000	2.04E+08	1.000	2.60E+08	.465	3.40E+08
26	1.000	1.70E+08	.921	1.30E+08	1.000	4.76E+08
27	1.000	1.38E+08	1.000	4.15E+08	.984	8.34E+08
28	1.000	1.17E+08	.984	2.27E+08	.921	5.06E+08
29	1.000	5.77E+08	.008	1.72E+05	.496	4.58E+08
30	1.000	4.52E+08	.126	9.69E+05	.740	4.43E+08
31	1.000	4.41E+08	.102	3.17E+06	.874	9.47E+08
32	.992	3.51E+08	.598	9.12E+06	.291	2.03E+08
33	1.000	1.38E+09	1.000	1.76E+09	.008	9.08E+04
34	1.000	1.00E+09	1.000	1.13E+09	.000	0.00E+00
35	1.000	1.20E+09	1.000	2.04E+09	.000	0.00E+00
36	1.000	9.02E+08	1.000	1.32E+09	.000	0.00E+00
37	1.000	1.82E+09	1.000	1.72E+09	.031	1.03E+06
38	1.000	1.27E+09	1.000	1.11E+09	.000	0.00E+00
39	1.000	1.77E+09	1.000	2.00E+09	.016	9.93E+05
40	1.000	1.26E+09	1.000	1.29E+09	.000	0.00E+00
41	1.000	6.58E+08	1.000	5.38E+08	.000	0.00E+00
42	1.000	4.49E+08	1.000	3.49E+08	.205	2.88E+06
43	1.000	7.00E+08	1.000	6.38E+08	.008	3.99E+05
44	1.000	4.83E+08	1.000	4.15E+08	.118	3.14E+06
45	1.000	9.22E+08	1.000	5.62E+08	.142	1.16E+07
46	1.000	6.04E+08	1.000	3.52E+08	.016	6.75E+05
47	1.000	9.83E+08	1.000	6.54E+08	.213	2.81E+07
48	.992	6.63E+08	1.000	4.25E+08	.543	4.00E+07
49	1.000	1.51E+09	1.000	5.65E+08	.024	1.10E+03
50	1.000	1.01E+09	1.000	3.45E+08	.031	6.98E+02
51	1.000	1.63E+09	.992	7.11E+08	.008	7.84E+02
52	1.000	1.10E+09	1.000	4.47E+08	.008	3.76E+02
53	1.000	8.13E+08	1.000	3.45E+08	.000	0.00E+00
54	1.000	5.20E+08	1.000	2.09E+08	.197	7.48E+03
55	1.000	8.73E+08	1.000	4.10E+08	.008	1.34E+03
56	1.000	5.93E+08	1.000	2.65E+08	.024	1.97E+03
57	.945	1.18E+08	.984	5.44E+07	.181	7.23E+03
58	.874	6.64E+07	.953	3.09E+07	.118	2.09E+03
59	1.000	1.69E+08	.961	7.75E+07	.614	6.24E+04
60	1.000	1.22E+08	.937	5.30E+07	.173	9.34E+03
61	1.000	1.59E+08	1.000	3.33E+07	.543	8.54E+04
62	1.000	1.08E+08	.874	1.70E+07	.024	1.84E+03
63	.984	2.02E+08	.984	5.43E+07	.126	4.73E+04
64	1.000	1.57E+08	.953	3.57E+07	.008	1.66E+03
計		2.86E+10 (99.9%)		2.16E+10 (98.8%)		1.80E+10 (97.2%)
		合計		6.82E+10	(98.8%)	

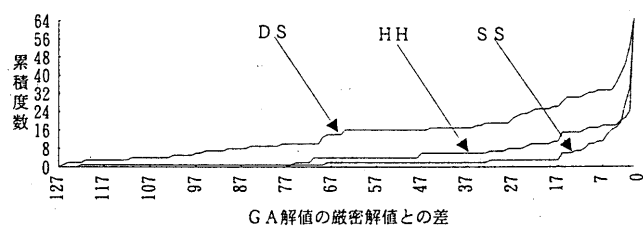
さらにこれまでの最適供給状態を逆転させ、必要量の少ない高齢者タイプへサービスを重点供給する形を最適供給状態として設定し、最適供給手法を実行したところ、ここでも設定した最適供給状態から大きく逸脱する解は算定されず、厳密解高齢者福祉得点の98%に達するGA高齢者福祉得点を得られた⁽²⁴⁾。

この結果、本論文で示した最適供給手法は最適状態設定を変更した場合でも正しく機能しているが、32000世代の計算では厳密解に到達することはできなかった。しかしわずかに16*32000通りの組み合わせを探索するだけで²¹³⁴⁴という膨大な組み合わせの中から厳密解に近似したGA解を得られたことから、今後高齢者福祉得点設定の見直しを含めた最適解探索効率の改善を図ることによって、本研究で示した最適供給手法試案は有効に機能し得るものと考えられる⁽²⁵⁾。

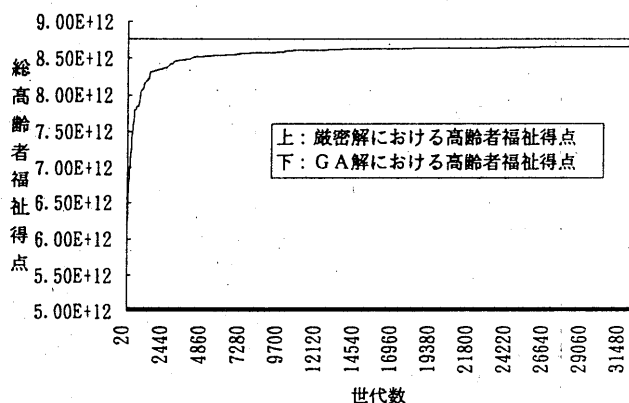
6. 総括

本論文ではGAを用いた高齢者在宅福祉サービス供給の最適化手法試案を提示し、本手法による効果として以下のことを示した。

- ①市町村に居住する高齢者のサービスニーズを、介護度による64高齢者タイプを設定することによって詳細に策定できる。なお、さらにタイプ数を増やしてより詳細に策定したサービスニーズを対象として最適供給手法を実行することも可能である。
- ②高齢者個々のニーズと市町村全体での高齢者福祉の向上の両方に対応した供給サービスの種類と量を算定できる。
- ③市町村の使用可能予算を制約条件とすることで、市町村の供給能力を超過しない現実的な供給サービスを算定できる。
- ④コンピューター(GA)の導入によって効率的にサービス供給パターンを算定できる。これは高齢者福祉に十分な人員を配置できない中小市町村において特に有効である。
- ⑤最適供給状態設定を変更して最適供給手法を実行することによって、サービス供給者(市町村)とサービス利用者(高齢者)が供給



【図3】3サービス別GA解値の厳密解値に対する一致状況



【図4】GA解総高齢者福祉得点の厳密解総高齢者福祉得点に対する到達状況

サービスを最終的に決定する際の有効な判断材料となる複数のサービス供給パターンを提示することができる。これは今後の高齢者介護システムにおいて重要になる高齢者の自己決定権の助長にも寄与する。

⑥初期設定値の変更によって様々なケースに対応でき、ファクターを増加させることでさらに複雑な構造を有する現実的な最適供給手法への発展が可能である。

ただし本手法を十全に機能させるためには最適解探索効率の改善が今後の課題として残る。しかし供給すべき最適な高齢者在宅福祉サービスの種類と量を効果的・効率的に算定し、市町村における最終的な供給サービス決定の際に有効な判断材料を提示しうる最適供給手法は今後の「超高齢社会」の到来を控えて必ず必要になる。

本研究はそうした手法設計を行うにあたり、有効な知見を与え得たものと思われる。

謝辞

GAプログラムの作成では、鹿児島大学皆川洋一教授による多大なご指導を賜りました。ここに謝意を表します。

注

- 1) 参考文献1、p512
- 2) 参考文献2、p3
- 3) 現在導入が検討されているケアマネジメントでは、高齢者の自己申請によって初めてケアプランが作成される。これでは地域の潜在的ニーズは考慮されない。
- 4) 参考文献3、p27
- 5) 参考文献4、p34
- 6) 新ゴールドプラン等によって掲げられた理念とは裏腹に、高齢者在宅福祉サービスの整備状況は市町村の財政力によって異なるのが実情である。
- 7) 参考文献3、p21
- 8) 参考文献5、p307
- 9) 参考文献6、p97
- 10) GAの計算にはNEC PC-9821 Ap2を使用した。32000世代の計算には約30時間を要した。
- 11) 市町村が策定した「高齢者保健福祉計画」では、高齢者を8タイプ程度に類型してサービスニーズを設定しているが、これでは微妙なサービスニーズを十分に表現できないと思われる。
- 12) 参考文献3、p22、図2において、新ゴールドプランの整備目標として、HHが6回/週、SSが6回/年、DSが3回/年という実施回数記載されている。
- 13) 参考文献7、p23
- 14) 1日の就労時間を8時間、実働率60%として1日の実働時間(移動時間等を除いたもの)を288分とし、年間312日の勤務と設定した。
- 15) 参考文献8、p54
- 16) 参考文献7、p24
- 17) 利用定員を1日25人、週6日実施、年52週で計算している。
- 18) 今後さらに現実的な最適供給手法を設計する際には、高齢者福祉施設の規模と立地の問題、および利用者の移動費用等についても考慮する必要がある。
- 19) この値は鹿児島県における高齢者在宅福祉サービス実施実態から設定した。
- 20) この比較は参考文献9、pp54~55で行った。
- 21) この比較は参考文献9、p55で行った。GAでは、交叉確率・突然変異確率に関する一定の設定ルールがなく、いずれも数回のGA実行によって取捨選択されるのが一般的である。
- 22) この比較は参考文献9、p55で行った。なお突然変異確率は、遺伝子が持つ優れた形質を無駄に破壊しないように、一般に低い値の方が良いとされる。
- 23) 3サービスにおけるGA解値の厳密解値との差の平均はHH10.3(8.1%)、SS5.3(4.2%)、DS28.8(22.7%)であり、全体的にはSSにおいて最も厳密解に接近したGA解を得られている。
- 24) これも先に行ったケースと同様、予算充足率60%の場合の解の一例である。
- 25) 参考文献6、p116「理論的にGAは、無限時間の探索を続ければ、適応度を最大とする個体を確率1(100%)で得ることができる」

参考文献

- 1) 日本建築学会編：『地域施設の計画』丸善、1995年
- 2) 日経ヘルスビジネス編：『詳説公的介護保険』日経BP社、1995年
- 3) 『日経ヘルスケア』日経BP社、1994年11月号
- 4) 『日経ヘルスケア』日経BP社、1995年2月号
- 5) 田村亨、梶谷有三、斎藤和夫：『遺伝的アルゴリズムによる駐車場の最適配置』都市計画論文集No.29、pp307~312、1994年
- 6) 米澤保雄：『遺伝的アルゴリズム』森北出版、1993年
- 7) 全国老人福祉問題研究会：『老後保障最新情報資料集4』あけび書房、1986年
- 8) 鹿児島県県民福祉部：『県民福祉行政のあらまし』鹿児島県、1994年
- 9) 山下剛、友清貴和：『遺伝的アルゴリズムを活用した高齢者福祉サービス供給量の最適化手法に関する研究』日本建築学会研究報告(九州支部)第36号・3(計画系)、pp53~56、1997年3月編

(1997年5月10日原稿受理、1998年1月16日採用決定)