

# 遺伝的アルゴリズムを用いた高齢者福祉サービス供給手法

友 清 貴 和\*・山 下 剛\*\*

## A Method to Optimize the Welfare Service for the Old by Genetic Algorithms

Takakazu TOMOKIYO and Gow YAMASHITA

In this study, we propose a method to optimize welfare services for the elderly using Genetic Algorithms (GA).

This method makes possible a complete evaluation of the needs of the elderly and the supply of suitable services to meet those needs.

We classified the elderly into 64 types and supposed 3 service needs for each type.

We then applied our method to this model.

As a result, we proved the possibility of effectual supply of welfare services by the GA method.

And we demonstrated the utility of the GA method with 2 examples.

### 1. 研究の背景と目的

#### 1-1. 研究の背景

多くの高齢者が、もし介護が必要となっても住み慣れた地域や家庭で暮らし続けたいという希望を持っている。高齢になってからの生活拠点の移動は好ましいことではないから、高齢者自身が暮らしたい場所で、適切な高齢者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。

本格的な高齢社会が到来する前に、効率的にサービスを提供する仕組みを作っておくことが重要になり、高齢者介護システムに関する研究が、今後の地域施設計画において果たす役割は大きい。

今日まで、高齢者介護に関する公的制度として中心的な役割を担ってきたのは、「措置事業」を基本とする老人福祉制度であった。そのため従来の高齢者福祉サービスはサービスニーズの基本部分に対応し、それ以上のニーズは顧みられることが少なかった。

こうした状況の中で国は「必要な人がいつでもどこでもサービスを受けられる」システムを確立しようとしている。この新高齢者介護システムのポイントは、①高齢者自らによる選択②介護サービスの一元化③ニーズを把

握し適切なサービスを組み立てるケアマネジメントの確立、等である。

高齢者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。高齢者の要介護度判定は、①ADLや身体状況②精神機能や痴呆の状態③在宅での介護力④家族との関係や家族のニーズ⑤社会参加の状況など、について行われる。

ケアマネジメントでは、高齢者の要介護度を正確に判定し、高齢者福祉サービスのニーズを詳細に把握できることが重要である。しかし、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、市町村は高齢者の多様なニーズに対応した高齢者福祉サービスの供給を行うノウハウを持っていない。

ここに新しい高齢者福祉サービス供給手法が必要になる。この手法は、1) 地域に居住する高齢者のニーズを正確・詳細に評価でき、2) それに応じた最適なサービス供給量を、3) 効率的・効果的に決定できるものでなければならない。

また、サービス供給量の決定は、高齢者個々のレベルで多様なニーズに対応すると同時に、4) 市町村全体における高齢者福祉効果の向上にも対応していなければならない。

加えてこの決定は、5) 誰の目にも分かりやすくなければならず、自分自身へのサービス供給量がどのように決定されているのかを、高齢者本人に明示できるもので

平成9年5月31日受理

\*建築学科

\*\*建築学科

なければならない。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ものと思われる。

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サービス供給量を決定できる、現実的な手法でなければならない。すなわちサービス供給量の決定には、6) 市町村の福祉予算も考慮されている必要がある。

### 1-2. 研究の目的

本論文では以上のような決定手法を、高齢者福祉サービス供給の最適化手法と定義する。

この手法は、高齢者福祉予算の最適配分計画（トップダウン）ではあるが、高齢者の多様なニーズに対応したサービス供給量を決定できるという点では、高齢者のニーズに即してつくりあげられた計画（ボトムアップ）でもある。

本研究の目的は、高齢者福祉サービス供給の最適化に、遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithms, 以下GAと略す）を活用した手法を提案し、この手法によって、高齢者のニーズを詳細に把握でき、個々の高齢者のニーズと市町村全体での福祉効果の向上に対応したサービス供給が行える、その可能性を示すことである。またGAを用いた手法の活用性と有用性も示す。

最適化問題の解法には様々なものがあるが、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、近年では建築計画においてもGAを活用した研究が行われるようになった。

GAを活用することによって、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、ランダム法に比較して効率的な最適解算出が可能になる。これらの特徴から、GA活用には最適解探索時間を短縮できる効果があるとされる。

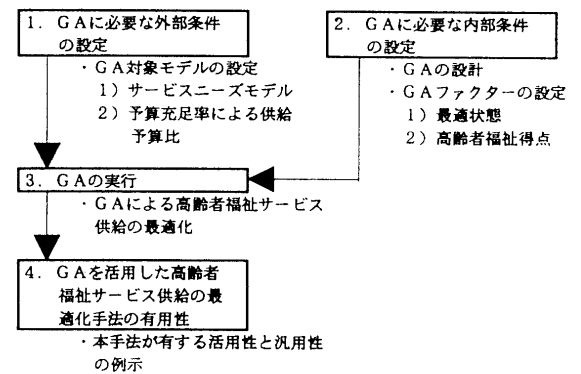
また、最適供給量決定に、コンピューターを導入することによって、これまで人為的作業による供給量決定を行ってきた中小市町村については、作業の省力化が期待できる。

なお本研究の対象は、高齢者福祉サービスのうち、高齢者が住み慣れた地域で暮らし続けるために不可欠な在宅福祉サービスとし、その中でも特に重要なホームヘルパー（以下HHと略す）、ショートステイ（同SS）、デイ（同DS）の3サービスとした。

計算には一般的なデスクトップ型パソコン（NEC PC-9821 Ap2）を使用した。これは市町村役場レベルでも使用可能な、GAを構想しているためである。

## 2. 研究の方法

本論文の構成は以下の通りであり、その概要を【図1】に示す。



【図1】本論文の構成概要

### 2-1. GA実行に必要な外部条件の設定

介護度の程度による64高齢者タイプと、タイプ別人数を設定する。

64高齢者タイプ別に、高齢者1人あたりサービス必要量を設定し、この値に単位数あたりサービスコスト、およびタイプ別人数を乗じて、64高齢者タイプ別必要予算を設定する。これによりGA実行において参照されるサービスニーズモデルを設定する。

また、予算充足率による各サービスへの配分予算比を設定する。

### 2-2. GA実行に必要な内部条件の設定

#### 2-2-1. GAの設計【図2】

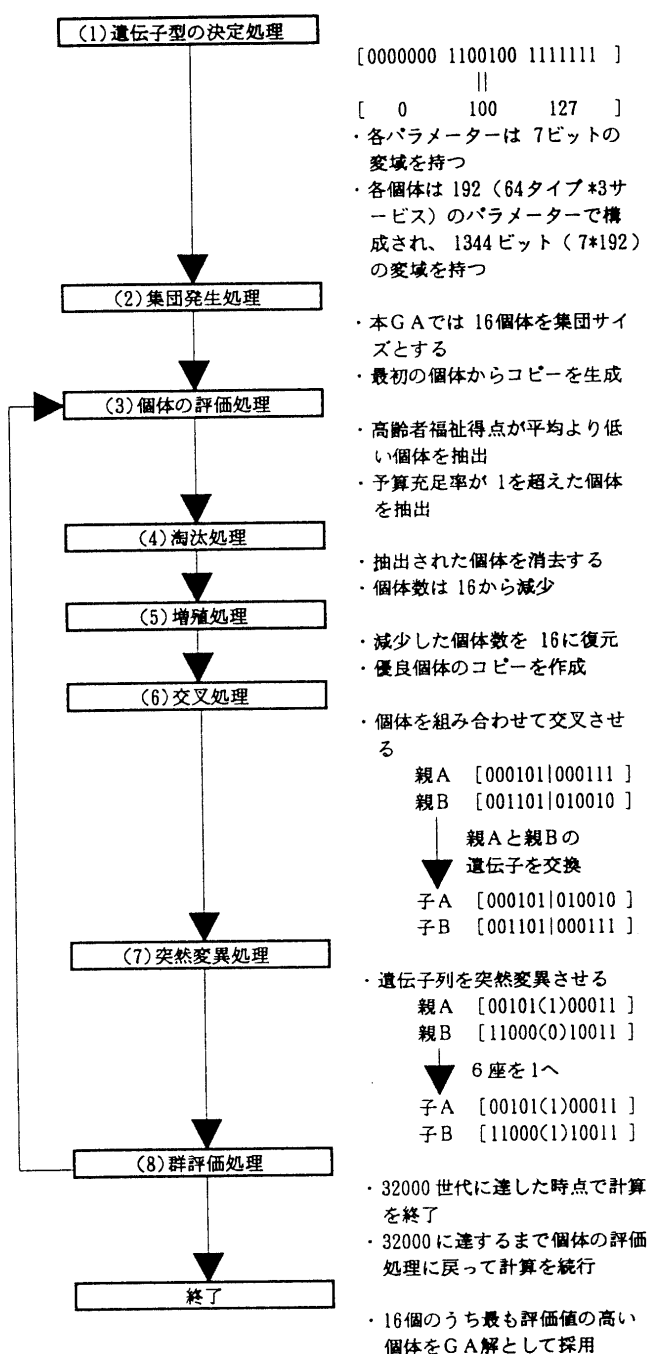
生物界のすべての種には、周囲の環境に対して高い適応度を有する個体が多く繁殖して適応度の低い個体を淘汰し、さらにより高度な種へと進化して行こうとする衝動がある。GAはこうした生物進化プロセスを、最適解探索に応用したものである。

#### (1) 遺伝子型の決定処理

##### i) 問題事象のモデル化

本研究における問題モデルは、高齢者に対して、限られた予算内で在宅福祉サービスを提供するとき、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、HH、SS、DSそれぞれのサービス供給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。



【図 2】 GA の構成

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、サービス充足率をサービス必要量に乗じて決定する。

## 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  $D_{ij}$ 、決定された供給予算を  $B_{ij}$  とするとき、本 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  $64 * 3 = 192$  個のパラメーター ( $F_{ij}$ ) に

よって構成される。

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

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  $7 * 192 = 1344$  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。

本 GA 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。本 GA では、評価値として高齢者福祉得点を定義し、この値を用いる。

なお、GA 解に基づいて算出された配分予算の総和が、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

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り、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<sup>注 1)</sup>。

## (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、解の探索範囲を拡大させることによって、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<sup>注1)</sup>。

### (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。

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。

## 2-2-2. 最適状態と高齢者福祉得点の設定

GA解の適応度を評価するための基準となる最適状態を設定し、評価値である高齢者福祉得点を算出するために必要となる単位予算あたり高齢者福祉得点、および高齢者福祉得点式を設定する。

### 2-3. GAの実行

サービスニーズモデルに対してGAを実行させ、64高齢者タイプに対するサービス充足率を算出し、供給量を決定する。

### 2-4. GAの有用性の例示

用例を示し、GAを活用した高齢者福祉サービス供給の最適化手法の活用性と汎用性を示す。

## 3. GA実行に必要な内部条件の具体的設定

### 3-1. サービスニーズモデルの設定

#### 3-1-1. 64高齢者タイプの設定

本研究では、高齢者の介護度を詳細に表現するために、[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、これらを組み合わせて作成した64高齢者タイプを設定する。

[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、子供夫婦等も介護可能な状態。
- 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』結果から設定し、[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、それをサービス供給量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。

### 3-1-2. 64高齢者タイプ別人数の設定

本研究では、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17.3%（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人を本GAにおける在宅福祉サービス受給対象高齢者とする。

この8257人を64高齢者タイプに配して、さらに人数を整数化し、タイプ別人数（Pi）を設定した。【表1】

### 3-1-3. 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、各介護度内で重み付けを行う。

【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、逆に介護者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在宅での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<sup>注2)</sup>。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、

【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) Pi
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

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年間に約1ヶ月分のDSを利用できる値である。

### 3-1-4. 単位量あたりサービスコストの設定

サービス必要量を必要予算に変換するために必要な、単位量あたりサービスコストを、HH、SS、DSについて設定する。

HHでは、ヘルパー1人あたり経費を年間1,518,430円とし(注3)、これを年間実働時間89856分(注4)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5)を単位量あたりコスト(CSS)とした。

DSでは、1施設の年間運営費15,891,000円(注6)を延べ年間実施日数7800日(注7)で除し、1日あたり2,040円を単位量あたりコスト(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。

### 3-1-5. 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。

$$\text{総必要予算(D)} = \sum (\text{NHHi} \cdot \text{CHH} \cdot \text{Pi} + \text{NSSi} \cdot \text{CSS} \cdot \text{Pi} + \text{NDSi} \cdot \text{CDS} \cdot \text{Pi}) \quad [i=1 \sim 64] \quad (2)$$

総必要予算は、市町村の在宅福祉サービス受給対象高

【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	ホームヘルパー		ショートステイ		デイサービス	
	必要量 分/年 NHHi	必要予算 円/年 DHHi	必要量 日/年 NSSi	必要予算 円/年 DSSi	必要量 日/年 NDSi	必要予算 円/年 DDSi
No.						
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	25440480
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	6425000
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

高齢者全員に、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。

設定した市町村高齢者モデルにおける、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。

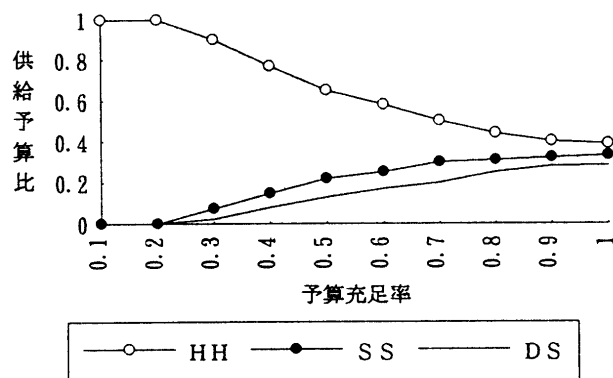
### 3-2. 予算充足率による各サービスへの供給予算比の設定

本研究では、64高齢者タイプ・3サービス別に設定した必要予算に対して、市町村の使用可能予算を供給して行き、その組み合わせの中から高齢者福祉得点を最大にする組み合わせを探索する。

このとき、予算供給を完全に自由化して行うGAも考えられるが、本研究では、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)を決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、在宅福祉サービスの優先整備順位を表現できる。

高齢者のニーズに対して十分な予算が組めない場合には、高齢者福祉の基幹となるHHに予算は重点供給され、予算充足率が高くなるに従い、SS、DSの順で供給予算比が順次高くなるように設定している。具体的には、予算充足率が70%のときにHH、SS、DSへの予算供給が5:3:2の割合で行われるようにし、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サービスの必要予算比と等しくなるように設定した。【図3】

本研究では、必要予算6,417,537,114円のうち約60%にあたる3,850,000,000円を使用可能予算として設定している。各サービスへの供給予算はHHが2,233,000,000円



【図3】 予算充足率による各サービスへの供給予算比

(58%), SSが962,500,000円(25%), DSが654,500,000円(17%)となる。

## 4. GA実行に必要な内部条件の具体的設定

### 4-1. 最適状態の設定

本来、高齢者福祉サービスに関する最適状態は、市町村の福祉政策と連関しており、市町村の高齢化状況や財政状態によっても異なる。しかし、膨大な組み合わせの中から、最適解を選択して行くためには、何らかの最適状態設定が必要になる。

本研究では、各サービスの必要量が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態を、最適状態として設定する。この状態を満たすほどGA解の評価値は高くなる。

ただし、【表2】においてHHの高齢者1人あたり必要量が最も多い高齢者タイプ(N62)も、SSの1人あたり必要量は平均値程度であり、DSの1人あたり必要量は他に比べかなり少ない。従って、予算は特定の高齢者タイプへ供給されるのではなく、各サービスごとにその必要量が多い高齢者タイプへ適宜供給される。

この最適状態設定では、各サービスの必要量が多い高齢者タイプへと予算は重点供給され、十分な予算が確保できないときには、各サービスの必要量が少ない高齢者タイプには予算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確保できない場合には、最も効果的なサービス供給形態となる。

### 4-2. 高齢者福祉得点の設定

#### 4-2-1. 単位予算あたり高齢者福祉得点の設定

本研究では、評価値として高齢者福祉得点を設定する。GA解が最適状態を満たす程度を、この高齢者福祉得点によって表現する。

高齢者福祉得点を算出するために必要となる、64高齢者タイプ別の単位予算あたり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(SHHi, SSSi, SDSi)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を得られるのは、この単位予算あたり高齢者福祉得点が高い高齢者タイプに、多くの予算を供給した場合である。よって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(64<sup>2</sup>)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(1<sup>2</sup>)を与える。この間を値がロジスティッ

【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	
	サービス 充足率	高齢者福祉 得点	サービス 充足率	高齢者福祉 得点	サービス 充足率	高齢者福祉 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	1.62E+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	1.22E+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%)		

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、高い高齢者福祉得点を得られたためである<sup>注1)</sup>。

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、ニーズに対する予算の供給が、市町村全体での高齢者福祉得点の最大化を図りながら行われるようになる。

#### 4-2-2. 高齢者福祉得点式の設定

64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、GA結果から求められる供給予算(BHHi, BSSi, BDSi)を乗じたものを、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、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有効に供給されているのかどうかを知る指針となる。

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。

$$\text{総高齢者福祉得点}(S) = \sum (SHHi * BHHi + SSSi * BSSi + SDSi * BDSi) \quad [i=1 \sim 64] \quad (3)$$

この式をGAにおける評価関数とし、総高齢者福祉得点を最大化する解を探索する。

### 5. GAの実行

想定したサービスニーズモデルに対してGAを実行し、64高齢者タイプ別に、3サービスそれぞれのサービス充足率を得た。【表3】

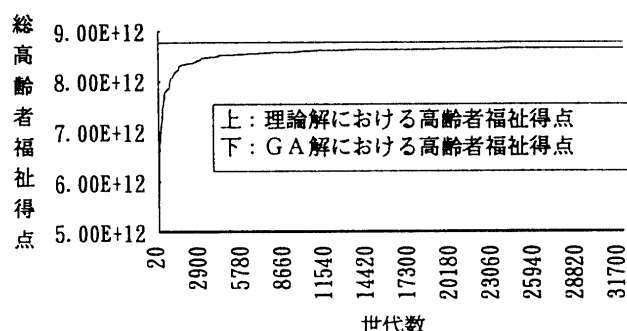
【表3】は予算充足率60%の場合の解の一例である。これに従うと、タイプ(No.1)については、各サービス必要量に対してHH37%, SS16%のサービスを、このタイプに属する高齢者全員に供給することになり、DSは全く供給されないことになる。

このGA解は、予測していた最適解(これを理論解とする)に到達していない。GAは必ずしも最適解への収束を保証するものではないが、今回のGA解において算出された高齢者福祉得点は、理論解において算出される高齢者福祉得点へ確実に接近しており、最適解探索は順調に進んでいる。【図4】

最適解探索の速度および効率については、今後のプログラムの改良、および使用機器自体の計算処理能力の向上によって、十分解消できるものと思われる。

むしろ、2<sup>134</sup>という膨大な組み合わせの中で、わずか





【図4】GA解高齢者福祉得点の理論解高齢者福祉得点への到達状況

16\*32000通りの組み合わせを探索するだけで、理論解に近似したGA解を得られたことから、高齢者福祉サービス供給量の最適化問題におけるGA活用の有効性を示せたと考えられる。

## 6. GAを活用した高齢者福祉サービス供給量の最適化手法の有用性

### 6-1. GAの活用性

実際の市町村施策では、ある高齢者福祉得点を得るために必要な最小予算を知りたいという場合も考えられる。高齢者福祉得点と最小予算との関係を把握できれば、市町村は早くから予算準備ができ、サービス予算の段階的整備も可能になる。

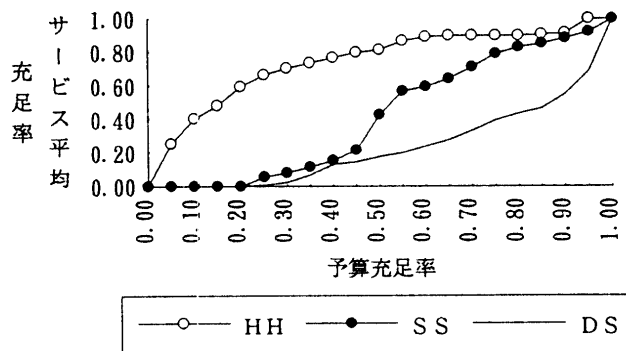
GAを活用することで、複雑な計算を要するシミュレーションが容易に行えるようになる。従って使用可能予算を変えながら、GAを実行してシミュレーションを行えば、予算と高齢者福祉得点との関係を求めることができる。

ここでは使用可能予算を0%~100%まで5%おきに21パターン設定してプログラムを実行し、シミュレーションを行った。

この結果、今回設定した条件下では、全在宅福祉サービス受給対象高齢者に、3サービスすべてについて平均25%以上のサービス充足率を確保するには、総必要予算の55%にあたる3,529,166,667円の予算が必要であり、また、平均50%以上のサービス充足率を確保するには、総必要予算の75%（4,812,500,000円）の予算が必要となることを示すことができた。【図5】

ここでもGA解は予測した理論解に到達しなかったが、GA解高齢者福祉得点の理論解高齢者福祉得点への到達率は、21パターン平均で98%に達しており、最適解探索は順調に進んでいると思われる。

最適解探索速度および効率の改善が必要ではあるが、GA活用によってシミュレーションが行えるようになり、これによって様々な活用法が考えられるようになることを示した。



【図5】予算充足率とサービス平均充足率との関係

### 6-2. GAの汎用性

GAを活用した高齢者福祉サービスの最適化手法では、状況に応じた様々な変更が容易に行えなければならない。本GAにおいて外部・内部条件として設定した各値は、市町村の状態に応じて自由に変更できる。

本研究ではこれまで、一例として各サービスの必要量が多い高齢者に多くの予算とサービスが供給されるという基本的な形態を最適状態としてきた。しかし、高齢者福祉サービスを供給する場合の実際の最適状態は、こうしたサービスの必要量が多い高齢者タイプへの重点供給と、サービスの必要量が少ない高齢者タイプへの分散供給との中間に、設定されるべきであると思われる。

この最適状態設定のための布石として、今回のGA用例では、これまでの最適状態を逆転させた、必要量の少ない高齢者タイプへの重点供給状態を最適状態として設定した。本研究で設計したGAでは、最適状態の変更は単位予算あたり高齢者福祉得点の変更によって行う。先に設定した単位予算あたり高齢者福祉得点の大小を逆転させ、GAを実行した。

この結果、ここでもGA解は予測した理論解には到達しなかったが、GA解高齢者福祉得点は理論解高齢者福祉得点の98.23%に達しており、最適解探索は順調に進んでいる。最適解探索速度および効率の問題は残るが、最適状態をはじめとする外部・内部条件を変更したモデルに対しても、その状況に応じた最適解を得られる汎用性を、GAを活用した本手法が有することを示すことができた。

## 7. 総括

本研究では、高齢者のニーズを64タイプ・3サービスについて設定し、192個のサービス充足率の組み合わせを探索した。

このGAを活用した高齢者福祉サービス供給の最適化手法によって、詳細に把握した高齢者個々のニーズと、市町村全体での福祉効果の向上の両方に対応した、サー

ビス供給量決定が行えるようになることを示した。また 2 つの例を示し、G A を活用した高齢者福祉サービス供給の最適化手法が有する、活用性と汎用性を示すこともできた。

今回の32000世代の計算では、G A 解が最適解に到達しなかったため、最適解探索効率の改善は今後の課題として残る。しかし、G A を活用したこの手法が確立されれば、より詳細に高齢者のニーズを把握し、それに応じた最適な高齢者福祉サービスを供給するシステムも実現すると思われる。

#### 謝 辞

G A プログラムの作成では、鹿児島大学皆川洋一教授と同大学院生坂本弘道氏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) これらの比較は山下剛、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月沖縄)で行った。
- 2) 『日経ヘルスケア』日経BP社(1994年11月号)p22図2において、新ゴールドプランの整備目標として、HH 6 回/週、SS 6 回/年、DS 3 回/週という実施回数が記載されている。
- 3) 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)p23による。
- 4) 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。
- 5) 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)P54による。
- 6) 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)p24による。
- 7) 利用定員を1日25人、週6回実施、年52週で計算している。