

1. 背景

超高齢化が進む現在において、その老化の道筋を明らかにすることは有効だと考えられる。また、我が国には、介護保険制度創設のおかげで膨大な高齢者の状態情報が存在する。そこでこの状態情報を活用することで、老化の道筋を明らかにしようと考えた。

2. 取り扱う情報

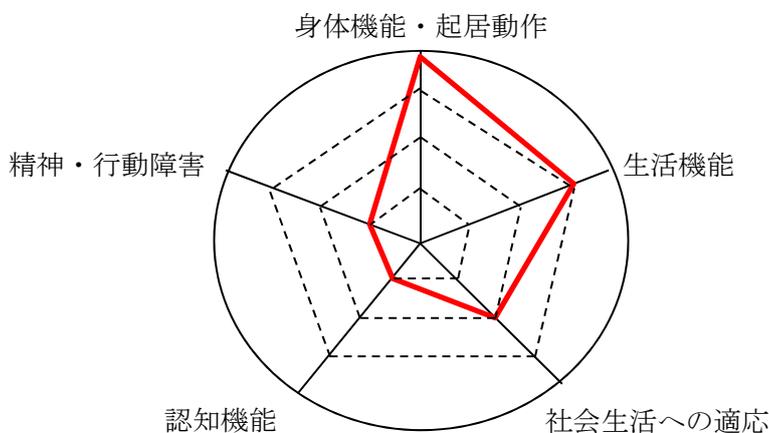
介護保険では、介護を必要と考えた高齢者が申請することで、要介護認定が行われ、当該認定時の状態情報を元に要介護度が定められ、要介護度に応じた介護サービスが受給できるという仕組みになっている。また、当該認定は、有効期間があり、有効期間が過ぎれば受給できないため、認定の更新の為の要介護認定が行われる。即ち、介護が必要となった高齢者の状態情報が有効期間ごとに蓄積されていることになる。我が国では、この認定時の調査データ（「認定データ」という）が膨大に存在する。

蓄積された高齢者毎の複数の状態情報から老化の道筋を明らかにするためには、道筋となる状態を示す必要があるが、認定時の状態情報の組合せは星の数ほどあり、そのままでは道筋を示すことはできない。そこで、高齢者の状態を概観できる情報として、中間評価項目を活用することを考えた。中間評価項目は、複数の状態情報を 5 つの軸（1：身体機能・起居動作、2：生活機能、3：認知機能、4：精神・行動障害、5：社会生活への適応）で指標化したものであり、それぞれ 0.0～100.0 の得点で示される。

3. 状態情報のグループ

中間評価項目の 5 軸の得点の組合せで状態像をグループに分けた場合、軸ごとに 0.0～100.0（数字が大きいほど自立度が高い）で表される値で分けるとすると膨大な組合せが存在するため、軸ごとの値を実際に存在した値の大きさと並べ、4 分割した値（4 分位数）で定めるものと考えた。これにより、軸ごとの値は、1～4 で示されることとなり、グループを数字で示すと、11111～44444（組合せ数は 4 の 5 乗＝1,024 種類）となる。

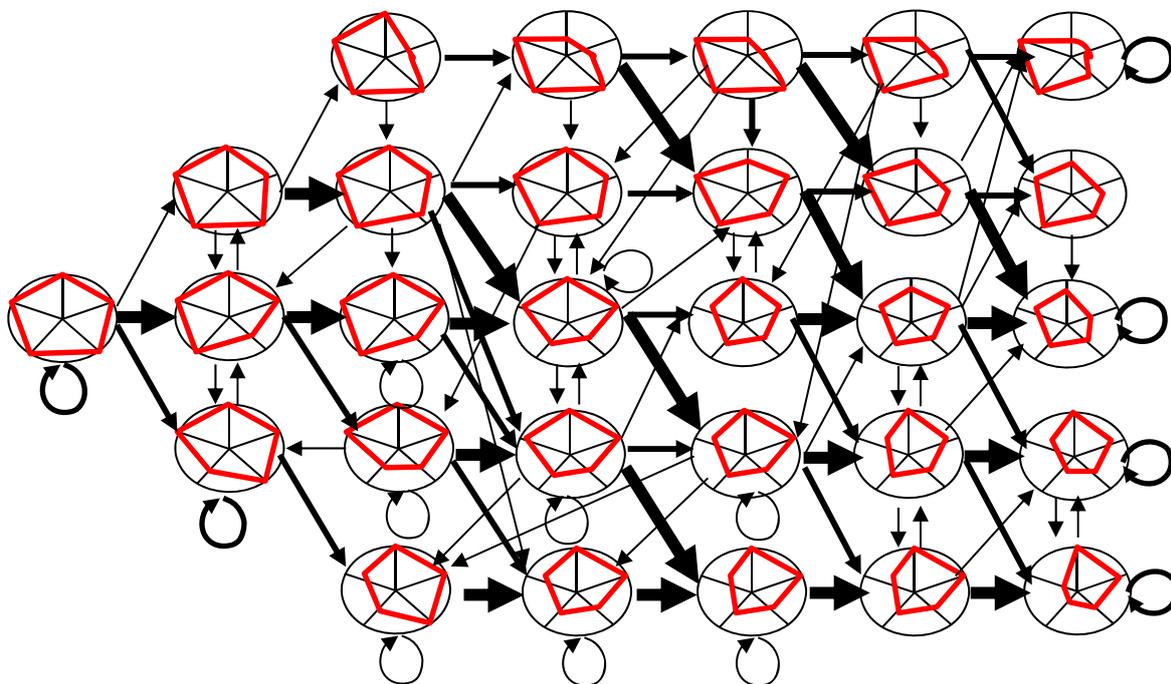
例えば、この中間評価項目のグループをレーダーチャートで示すと以下の様になる。



このレーダーチャートの組合せは、軸ごとに 4 種類の値をとり、理論的には 1,024 種類のグループが存在することになるが、実際の高齢者の状態像の組合せは、グループ毎に存在する数が異なり、1 件も存在しないグループもある。

4. 状態像（グループ）の遷移

老化の道筋を明らかにするため、認定の有効期間前後の高齢者の状態像（グループ）の遷移を示すことを考えた。例えば、グループ間の遷移を図示すると以下の様になる。



上図は、中間評価項目値から予め定めた四分位値で各認定データのグループを設定し、前回認定と今回認定の双方の状態像のグループから、グループ間遷移の結果データを起点となるグループ毎に整理し、遷移の終点となるグループが次の遷移の起点となった場合に当該遷移を繋げて図示したものである。同一グループに遷移（認定の有効期間前後の状態像に変化が無い）した場合を丸印の矢印で示し、グループ間の遷移数の多少を矢印の太さで示したものである。この図により、状態像がどの様に遷移するのかが分かる。

実際の遷移結果を確認すると、三角形や多角形の遷移を示す場合があった。例えば、ABC という 3 種類のグループ間の遷移があった場合、A から C に遷移する場合と A から B を経由して C に遷移する場合が同時に発生していた。実際に処理した認定の有効期間は、6 カ月が多いが、6 カ月未満の場合、12 カ月の場合、最大で 24 カ月の場合等があり、有効期間が長い場合は A から C に遷移するが、有効期間が短く刻まれた場合は ABC の様に遷移するものと考えられた。

認定データは、要介護認定を申請した高齢者の定期的な調査結果のデータであるが、介護の不要な人、長期入院している人は対象外であり、引越し等による自治体（保険者）の異動、死亡時はデータ化されていないという問題はあるが、要介護状態の高齢者がどのような状態像の遷移をするかという事が統計的に把握可能になる。つまり、ある状態像の人は、どのような状態像に遷移する確率が高いかが分かることになり、更にその先にどのような様に遷移していくかが分かるという事になる。

結果として、状態像ごとの改善・維持・悪化の状況も把握することができ、グループ毎の介護サービスの受給情報を組み合わせることで、将来的に必要な介護サービスの状況も把握することが可能になると考えられる。

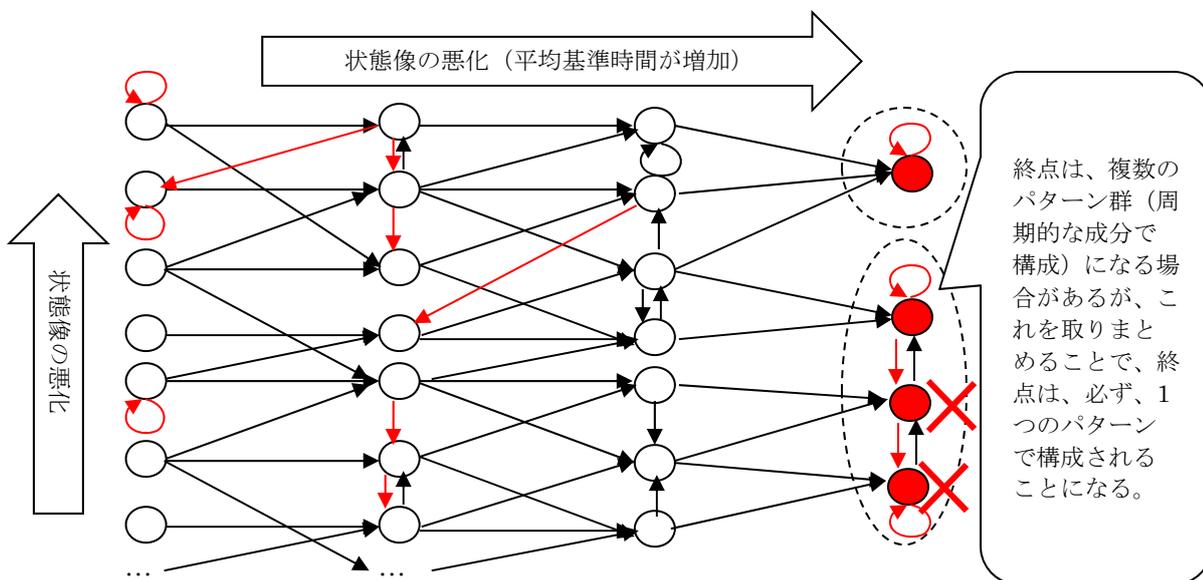
5. 老化の道筋

要介護状態の高齢者の状態は、一般的には悪化していくと考えられる。学習した遷移においても、いくつかの開始グループ（いずれのグループからも遷移してこない）といくつかの終了グループ（いずれのグループにも遷移しない）があり、開始グループから複数のグループを経由して終了グループに遷移していく遷移図が想定される。全てのグループは、始点（開始グループ）、終点（終了グループ）と過渡（始点と終点以外のグループであって、実際に存在したグループ）の3種類に分けることができる。

認定データは、それぞれがいずれかのグループに所属することになることから、逆に、各グループでは、複数の認定データが属することになる。認定データは、一次判定を行うための要介護認定等基準時間（状態情報から推計した介護時間）があることから、グループ毎に要介護認定等基準時間の平均値（「平均基準時間」という）を計算することができる。つまり、各グループは、平均基準時間の順番に並べることが可能であり、平均基準時間が大きいグループほど要介護に関する状態像が悪化していると考えられる。

また、グループの遷移を考える際、グループ同士で遷移するパターン群があった場合、終点に行きつかないということがあり得る。そこで、下図のようにグループ同士で遷移するパターン群があった場合、当該グループ群を1つのグループに集約することで、全てのグループが終点に向かうことになる。

尚、下図では、始点となるグループを左端に並べ、複数存在する始点は平均基準時間が大きいほど上に並べ、終点となるグループを右端に並べ、複数存在する終点は平均基準時間が大きいほど上に並べた。また、過渡は、始点と終点の間に並べ、平均基準時間が大きいほど上に並べ、同列に属するグループが一定数に達したら、右側の列に移動して下から順に並べるということを繰り返すことで、状態像の悪化が判断できる配置にした。



6. 遷移確率による収束

あるグループからあるグループに遷移する確率を遷移確率とすると、前述してきた実際に存在するグループ間の遷移確率は、 2×2 の行列で示すことができる。全てのグループを始点のグループを平均基準時間の小さい方から順に並べ、次に過渡のグループを平均基準時間の小さい方から順に並べ、最後に終点のグループを平均基準時間の小さい方から順に並べる。

この全てのグループ間の遷移確率を表したのが、以下の行列である。

	終点	過渡	始点	合計
終点	1.0 0.0 0.0 ... 1.0 ... 0.0 0.0 1.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 ... 0.0 0.0 ... 0.0 0.0 ... 0.0	1.0
過渡	P1	P2	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
始点	P3	P4	q1 0.0 0.0 ... q2 ... 0.0 0.0 q3 1.0

各要素の行
確率の合計
は1.0にな
る。

終点同士で遷移する以外、終点から他に遷移する確率は0である。始点同士で遷移する以外、他から始点に遷移する確率は0である。他は、それぞれの遷移確率（P1、P2、P3、P4）が存在する可能性があり、実際の遷移が無い遷移確率は0で表される。

この遷移確率によって、何度も遷移を繰り返せば、全てのグループは最終的に終点に収束する。数学的には、この行列を何度も掛け合わせるによって求めることができる。始点と過渡は、共に過渡的な状態と呼ばれ、終点は、エルゴード的（時間や空間が変化しても性質が変わらない）な成分であり、吸収状態と呼ばれる。

この遷移確率をマルコフ連鎖（状態が遷移する状態の確率が、現在状態のみに依存し、過去のいかなる状態にも依存しない特性がある状態遷移であって、それぞれの状態が特定できて有限なもの）と考えると以下の様に遷移確率が収束することになる。

$$P = \begin{bmatrix} I & 0 \\ R & U \end{bmatrix} \quad \text{とすると} \quad \lim_{m \rightarrow \infty} P^m = \lim_{m \rightarrow \infty} \begin{bmatrix} I & 0 \\ R & U \end{bmatrix}^m = \begin{bmatrix} I & 0 \\ BR & 0 \end{bmatrix}$$

但し、 $B = (I - U)^{-1}$

つまり、先に示した行列が、各状態の各終点に行きつく確率行列（E）を得ることができるということである。

$$E = \begin{bmatrix} I & 0 \\ BR & 0 \end{bmatrix}$$

また、BR（前述のP1とP2のエリア）には、それぞれのパターン（始点又は過渡）から各終点のパターンに行きつく割合が示されることになる。

以上