

2-2 角度による表現

脊柱の変形を表現する際に、現行の関節可動域では表現できない。体節毎に体表から触知しやすい骨突起部などを身体標点と定め、二つの身体標点を結んだ直線を身体接線とする。この身体接線の為す角度は時計回りの 360 度法にて設定される。図2においてでは胸骨線は -30° ではなく、 330° という表現になる。

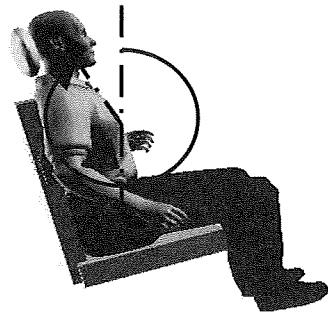


図2 絶対角度（矢状面胸骨線）

2-3 身体標点について

頭部において、眼縁と耳珠点を結び、これに対する垂線をとることで、矢状面での角度変化を知ることができ、この二点は直接計測することが可能である。しかし、頸部では、環軸後頭関節と頸椎 C7と胸椎 Th1 の間の関節中心が重要である。そこで、既存の身体標点の位置と割合から計算することによって得られる点として矢状面上位頸部点と矢状面下位頸部点を提案している。それら二つの点を結ぶことで、節線ができ、車いす座標軸に対する絶対角度を得ることができる。

また、座位姿勢の基本は骨盤と脊椎であるが、特に脊椎については座位保持装置や車いすで隠れてしまい、表現することは出来なかった。そこで、前方からアプローチしやすい胸骨の上下縁を結んだ胸骨線と胸骨下縁と左右 ASIS 中点を結んだ腹部線を取り入れることや、腸骨稜と下部頸点を矢状面上部体幹線と定義している。

2-4 絶対角度と相対角度

身体接線の角度表現手法は絶対角度と相対角度の二つがある。身体節の車いす座標軸に投影した角度を絶対角度とし、近接する二つの身体節の車いす座標軸に投影した角度を相対角度としている。

3. ISO16840-1 に準拠した計測方法の問題点

3-1 隠れた点

座位姿勢が準静止状態であるので、洋服や姿勢、そして車いすや座位保持装置によって隠れた点は指示棒(Probe)等を使用して計測できる。しかし、PSIS などは背支持に挟まれ、隠れてしまい後の測定誤差に影響を与える。

3-2 体内部標点の計算上による算出

脊柱変形が著しい場合には、体内に想定する標点について算出することができない。そこで直接計測できる点を筆者は提案した。例えば、矢状面における上部頸点は乳様突起、矢状面下部頸点は C7 棘突起と胸骨上縁を結んだ線の中央とするなど簡易化することで計測が実現化できる²⁾。

3-3 精度

実際の計測においては、身体標点は面積を持ち、そのままでは誤差が大きくなることがわかった。そこで、身体標点について更なる説明を加えることを提案している。

4. 座位姿勢計測器「見木式傾斜角度計」と「Horizon」を用いた計測方法

「見木式傾斜角度計」³⁾はベースバーに2本の指示棒が取り付けられ、その先端2点がなす傾斜角度をベースバー上にあるアナログ式角度計にて読み取るものである。

一方、「Horizon」は「見木式傾斜角度計」を基に平成19年からNEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の福祉用具研究開発助成を受け、ジャイロセンサー内蔵したデジタル方式として開発された。前額面、矢状面、水平面における傾斜、例えば、骨盤の左右傾斜、前後傾斜、および回旋角度(ねじれ)が計測できる世界初の計測器である。

計測方法は本体アームから可動性の高い指示棒が出ており、その指示棒を身体標点におき、その時の傾斜角度を表示する。本手法は軽量で操作しやすいといった利点がある。

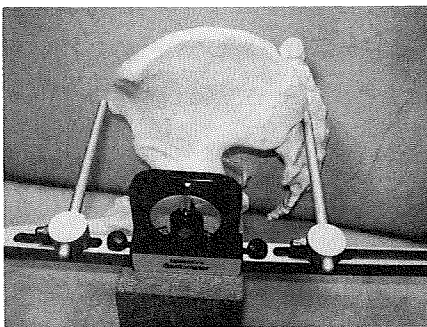


図3 見木式傾斜角度計

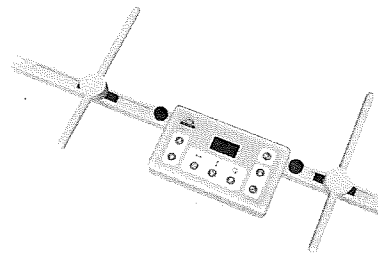


図4 Horizon

この手法での臨床応用として座位における骨盤後傾に伴う坐骨部および仙骨部にかかる圧力とずれ力の変化について報告がされている⁴⁾。坐骨部にかかる圧力は後傾15°までは上昇し、さらなる後傾により仙骨部の方が大きく圧力が上昇する。加えてずれ力は骨盤の後傾にともなって増加していくことが明らかにされている。この結果から車いす上などの座位における骨盤後傾により仙骨部(尾骨部)への圧力上昇が見られることからこの部分の褥瘡発生の危険度が増すと共に、ずれ力が発生することでさらなる前方へのずれを助長し、すべり座りとなることで、ひいては体幹が前方へつぶれた状態になりうることを示唆している。

5. 座位姿勢計測ソフトウェア「Rysis」を用いた計測方法

この方法はデジタルカメラで前額面と矢状面の二方向から撮影し、その画像をパソコン上においてデジタイザー機能を有したソフトウェアに取り込み、画像上の身体標点を手動にて特定していく⁵⁾。この処理により身体標点が2次元座標化し、ISOに合わせた角度算出するものである。身体標点を特定する際に隠れた点に対して二本の指示棒をあて、指示棒それぞれ2点、合計4点から隠された身体標点を特定することが可能である。

金属モデルを計測対象とした再現性と妥当性の評価では良好な結果が得られている⁶⁾。また、X線撮影画像との比較もなされており、障害者 15 名を被験者とし、理学療法士 3 名を検者として、骨盤水平位から前額面において左右に 10° ずつ 3 段階骨盤を傾斜させた状態における骨盤線を計測したところ、結果として、妥当性に関しては相関係数が 0.97、二撮影方法の差の平均が 3.9°、差の最大が 8° であった。信頼性に関しては検者内、検者間共に前額面におけるほとんどの項目で十分な信頼性を有することがわかっている⁷⁾。

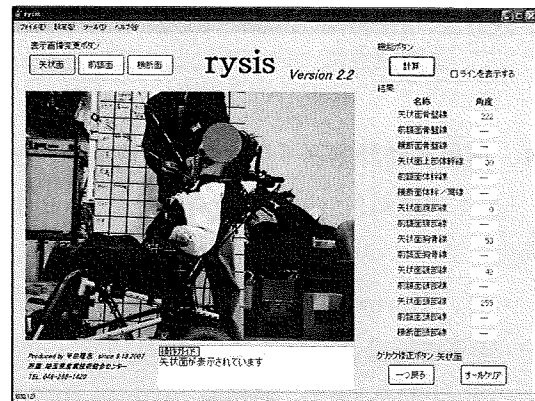


図5 RYSIS による計測とその画面

6. 接触式 3 次元デジタイザを用いた計測

この方法は、ISO16840-1 により定義された身体標点について 3 次元デジタイザを用いて 3 次元座標値を得る手法である。このデジタイザを用いることで身体標点を直接触診しながらの計測が可能であり、計測したデータは PC 上のソフトウェアにより座標値に変換される。ここでは筆者らが行っている計測手法の確立に向けた信頼性評価について述べる。

6-1 3次元デジタイザ

我々が現在使用している 3 次元デジタイザは FARO Arm FUSION (FARO 社製) である。構造はそれぞれにおいて 2 軸性(身体運動における、いわば“屈曲・伸展”と“回旋”)の動きが可能である関節を 3 つ持つアームが主体となり、その先端に計測プローブとスイッチを有する。計測は、被計測体の意図した位置にプローブをあて、スイッチを押すといった簡単なものである。

この 3 次元デジタイザの特徴としては第一に計測器自身の精度が 0.03~0.05mm と高く、第二に自由度の高いアームによりプローブの到達点が広範囲であることから車いす・電動車いすの周辺にまで計測範囲が広がること、第三に持ち運びや設定が容易で計測場所を選ばないといった利点を持つ(図 6,7)。

また、計測補助ソフトウェア CAM2 Measure X (FARO 社製) を併用することにより、車軸の外周やホイール面における 3 点の計測により、ISO16840-1 に定められた車いす座標系を設定することができ、この座標系における座標値として算出することができる。加えて、計測プローブについては骨盤背面の形状に対応できよう S 字形状のものを試作した。

6-2 信頼性評価実験

検者内・検者間信頼性の評価を目的としたものであり、実験条件はこの計測器を初めて扱う名の理学療法士を検者に、健常男性 2 名を被験者とした。姿勢変化は前額面・矢状面・水平面のそれぞれで拘束される平面において各頭部から足先までの各関節角度を変えずに身体全体を 5° ずつ 3 段階傾

斜させる、いわゆるティルト機構上での姿勢変化させることにより異なる姿勢を設定した。これは臨床
上でのROM姿勢変化を識別できるかを確認する。前額面における計測では矢状面における計測の
際に座位方向に対して90°回転した方向とした。この際に頭部、頸部、体幹が側屈することがないよう
に身体の側方に支持要素を設置し、正中線が崩れることがないようにした。

【実験条件詳細】

- ・検者：計測未経験の理学療法士3名（検者A、B、C）
- ・被験者：健常男性 2名（検者①、②）
- ・計測：各条件での計測を2日にわたり計2回実施
- ・姿勢の再現性：各計測前に起立し、座位をとる。頭部・体幹の基準線をバックサポートで確認

表1 実験用電動車いすの概要

電動車いす	ティルト機構付電動車いすを改造 水平面における回旋機構を付加
シート	平面形状+3cm厚ウレタン製クッション
バックサポート	平面形状(仙骨部:開口)
バックサポート角度(座背角)	95°
角度変化	水平位より0°, 5°, 10°の3段階

【身体標点の計測箇所】

ISO16840-1により定義された身体標点は27点が定められているが、今回は頭部から大腿部にお
ける以下の23点を計測対象とした。

- 1)眼縁、2)左耳珠点、3)左乳様突起、4)左肩峰、5)鼻下点、6)右眼縁、7)右耳珠点、
- 8)右乳様突起、9)右肩峰、10)第7頸椎棘突起、12)頸切痕(胸骨上縁)、13)剣状突起(胸骨上
縁)、14)右ASIS、15)右腸骨稜、16)右PSIS、17)右大転子、18)右大腿骨外側上顆、19)左
ASIS、20)左腸骨稜、21)左PSIS、22)左大転子、23)左大腿骨外側上

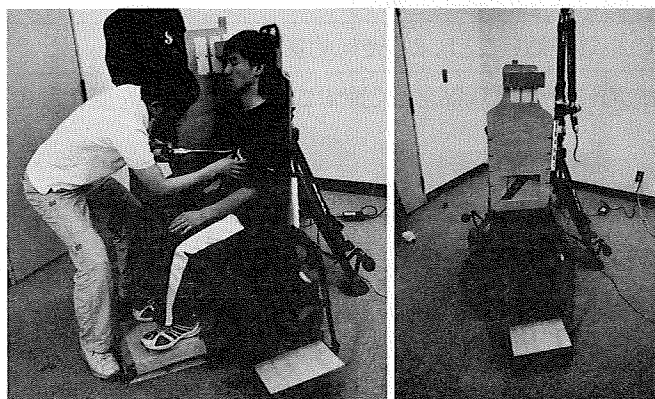


図6 計測の様子(左)・実験装置(右)

表2 計測器の特徴

メーカー	FARO社
型式	FaroArm® Fusion
構造	3関節(6軸の運動)
空間分解能	0.03~0.05mm
補正	温度補正有り
接続方式	USB

6-3 実験結果

6-3-1 計測誤差

1人被験者に対する各検者間計測結果においては概ね標準偏差は 2° 程度であったが、中には計測誤差の大きい項目があり(表3・4)、検者間でも全く異なる傾向を示す場合があった。

表3 計測誤差が小さい場合(水平面体幹線)

	検者A	検者B	検者C	S.D.
0	1.5	1.0	2.0	0.5
5	7.0	5.6	5.0	1.0
10	11.1	12.6	10.5	1.1

表4 計測誤差が大きい場合(矢状面骨盤線)

	検者A	検者B	検者C	S.D.
0	-2.9	-13.5	-36.6	17.2
5	-15.4	-19.4	-37.0	11.5
10	-18.8	-22.4	-32.0	6.8

6-3-2 検者内・検者間信頼性の評価

検者内・検者間信頼性に関しては級内相関係数 ICC で評価した。検者間信頼性では概ね信頼性が高いとされている 0.6 を満たしている。しかし、矢状面の骨盤線、水平面頸部線では極めて低い値を示した。

検者内信頼性においても多くの項目 0.6 を満たしているが、矢状面における頭部線と骨盤線が全ての検者において信頼性が低い値を示した。この他にも低値の項目があるが、共通した傾向は見受けられず、特定の検者が不得手あるといったことは見受けられなかった。

6-4 考察

計測誤差と信頼性の評価から見受けられて傾向とその原因として考えられる点について表5に示す。臨床へ応用するための更なる課題としては身体標点を特定精度が絶対角度の導出に関わることから、各標点の特徴を踏まえ、精度を向上させる検討であることや、今回に関しては計測未経験者にて実験を行ったが、検者の計測技術(習熟度)に関する影響の検証が必要であると思われる。

表5 3次元位置計測における課題点とその原因

矢状面骨盤線の精度が低い	PSIS を点として定めることが難しい
矢状面での精度が低い	2点間の距離が短いことによる幾何的影響を受けやすい
全く異なる傾向のデータがある	触知のために身体標点部を強く押すことにより、姿勢を変化させる。 ずれた位置でスイッチを押している。 突起部は意図した位置からプローブ先端がずれやすい。

7. おわりに

座位姿勢計測に関して臨床への応用が始まりだした段階であるが、より良い適合を得るためには使用者に関する疾患、症状、年齢等といった項目でなく、使用環境、介助者、本人以外の要素についても検討が必要となる。このことから、エビデンスを構築するためには、ここで取り上げた3種類の手法を用いて適合技術について基礎的なことに留まらず、多角的に検証を行っていく必要がある。今後は車いすだけでなく、座位保持装置の表現も検討していきたい。

参考文献

- 1) ISO16840-1 Wheelchair seating-Part 1: Vocabulary, reference axis convention and measures for body segments, posture and postural support surfaces 2006/3
- 2) Hirose H, Kenmoku T, Crane B. Measurements of Positions of Sitting Posture and Posture Support Devices According To ISO 16840-1, 24th International Seating Symposium. Orlando, U. S. A, 2007/3/8, Syllabus. 2007. 65-67
- 3) 見木太郎、廣瀬秀行: 臨床現場で使用できる姿勢計測器の開発, 国リハ研紀 28 号, 73-79, 2007
- 4) 見木太郎: 座位骨盤傾斜時に殿部にかかる力の研究, 第 5 回日本シーティング・シンポジウム抄録集. 32-34, 2009
- 5) 半田隆志、廣瀬秀行、鈴木聖貴: ISO16840-1 に準拠した座位姿勢計測ソフトウェアの開発と誤差評価, 第 23 回リハ工学カンファレンス. 151-152, 2008
- 6) 半田隆志、廣瀬秀行: 座位姿勢計測ソフトウェア rysis の計測の評価, 電子情報通信学会技術研究報告. Vol.108 No.254, 7-12, 2008
- 7) 半田隆志、宇山幸江、川谷歩、長谷尾聖子、山崎さと子、福光忠、廣瀬秀行: 座位姿勢計測ソフトウェアのレントゲンとの比較による妥当性評価と信頼性評価, 第 5 回日本シーティング・シンポジウム抄録集. 72-73, 2009

II. 分担研究報告

II-3-2 福祉機器適合における分析手法 ―ベイジアン・ネットワーク研究の動向― 研究協力者 本村 陽一

要旨 福祉機器などの生活者に提供される製品やサービスなどを個人や使用状況に合わせて適合する技術が望まれている。こうした個人適合を実現する方法の一つとして、実際の生活中に観測される大規模なデータから、変数間の関係を確率ネットワークで表し、それを計算モデルとして活用するベイジアンネットワーク技術がある。本稿ではこのベイジアンネットワーク技術についての概要と生活中的サービスとして応用する事例の解説を行う。

1. はじめに

人間の生活を支援する機器の開発のために実際の生活行動の履歴となる大規模データを集約して、そこから人間の行動や要求、意図などを予測する計算モデルを構築する技術の研究が進められている。例えば人間の行動履歴データやアンケートなどから人間の内的状態と外的行動の間の関係を機械学習と呼ばれる工学的手法により計算機上に表現して構築した計算モデルにより様々な情報処理サービスの開発などの事例が生まれてきている。身近な例で言えば、amazon.com によるインターネット書籍販売におけるレコメンデーション(推奨サービス)である。これはユーザの嗜好性をこれまでの購入履歴から推定し、そのユーザが好むと予測される未購入の商品を推奨するサービスである。これをさらに日常生活に踏み込んで様々な状況のもとでの大規模なデータ収集を行うことが可能になれば、より広い生活支援の場である種の「機能」を推奨することに使えるのではないかという期待がある。

大規模データを収集する自然な方法は工学機器による実サービスを提供し、日々の日常の中でそれが利用される過程で集積される操作履歴などのデータを集めることである。こうして集まる大規模データを用いて計算モデルを構築し、これを使ってサービスを向上することで、社会的にも受容され、さらにデータが収集されるという好循環、知識循環型サービスを考えることができる。こうした大規模データと計算モデルの活用を進めるためにベイジアンネットワーク^①とよばれる確率モデルの応用が最近進んできている。ここでは福祉機器の適合にも活用することが期待されるベイジアンネットワークの技術紹介とその応用例を示す。

2. 大規模データからの生活者モデリング

機械学習におけるモデル構築は、統計的検定を情報量規準による自動的なモデル選択として繰り返し実行し、最適なモデルを結果としている。すなわち、統計的に有意なモデルを広範な探索空間の中から機械学習により選んでいる。またデータを丸暗記するのではなく、学習していない入力データに対する予測結果を正しく推定するための汎化の理論なども重要な課題である。パラメータの推定は統計的推論とも関連しているが、正規分布などの単純な統計モデルではなく、ベイジアンネットワーク

など高度な計算モデルについて汎化を考えることはモデルの構造の妥当性が論点になる。特にグラフ構造を持つような計算モデルの場合にはデータの生成過程と認識過程のギャップが汎化の問題になり、そのためデータ生成過程の因果構造を獲得する必要がある。ただし大規模データの中には局所的、決定論的因果構造は多種に混合されており、その中で主要な確率的因果構造を対象にせざるを得ない。そこでデータとして消費者の購買行動やアンケートなどの履歴を収集し、そこから得られる事前知識を使ってベイジアンネットワークを学習することで消費者のモデルを構築する方法が考えられる。特に人間の認知・評価構造をベイジアンネットワークとしてモデル化するために、臨床心理学やマーケティングで用いられているインタビュー法を適用し、データの中で明示的に現れていない潜在的な構造をモデル化する試みがある⁽²⁾。

3. ベイジアンネットワーク

複数の確率変数の間の定性的な依存関係をグラフ構造によって表し、個々の変数間の定量的な関係を先の条件付確率で表したモデルがベイジアンネットワークである。ベイジアンネットワークは数学的には確率変数をノードで表し、これらを有向リンクで結合して依存関係を表現した確率分布として定義される。有向リンクの元にあるノードを親ノード、有向リンクの先にあるノードを子ノードと呼ぶ。有向リンクは親から子の向きに条件付の依存関係があることを示し、子ノード X にリンクを張る親ノード(集合)を U とすると、この子ノードの確率変数は条件付確率分布 $P(X|U)$ に従う。確率変数が k 通りの状態を持つ確率変数の場合、子ノードは $X=x_1, \dots, x_k$ のそれぞれの値を取る可能性があるものと考え、それぞれの値を取る確率が $P(x_1), \dots, P(x_k)$ であれば、これにより X の確率分布を与えることができる。離散的な確率変数ならば親ノード(集合)についても取る値の全ての組み合わせを列挙することができるので、 X についての確率分布が親ノード U に依存していれば、その条件付確率分布を考えて、全ての U の取り得る値の組み合わせについての確率値 $P(x_1|U), \dots, P(x_k|U)$ を並べた表、条件付確率表(CPT)としてこれを定義することができる。つぎに変数間の依存関係、つまり各子ノードについてどの親ノードが結合しているかという親ノードの集合を定義するとベイジアンネットワークのグラフ構造が決定する。ベイジアンネットワークのモデルは、ノード集合とグラフ構造と、各子ノードにそれぞれ一つ割り当てる条件付確率表(CPT)の集合によって完全に定義される(図1)。

ベイジアンネットワークのある一つの子ノードに注目した依存関係、つまり一つの目的変数(従属変数:Y)と、それに対する説明変数(独立変数:X)の間の依存関係について着目すると、統計分野における回帰モデルなどの多変量解析、共分散構造分析、人工知能分野における決定木、ニューラルネットと比較することができる(図2)。古典的な多変量解析手法では、相関や主成分分析、因子分

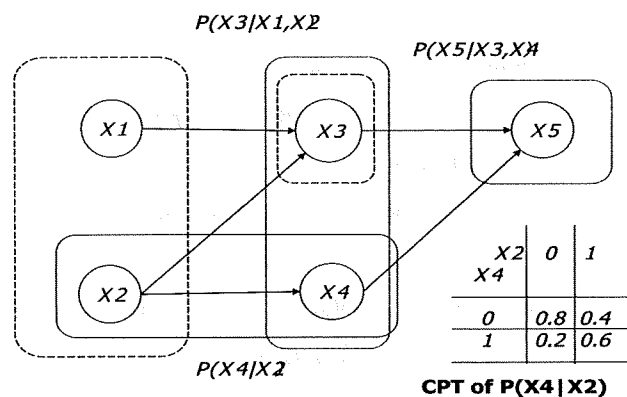


図1 ベイジアンネットワーク

析のように変数間の線形、独立の共変関係に基づいてモデル化が行われることが多い。それに対してベイジアンネットワークでは複数の親ノードによる交互作用を表せることが大きな違いになる。現実の日常場面では個人差、状況依存性などを反映する必要があり、この点でベイジアンネットワークによるモデル化が果たす役割が非常に大きい。

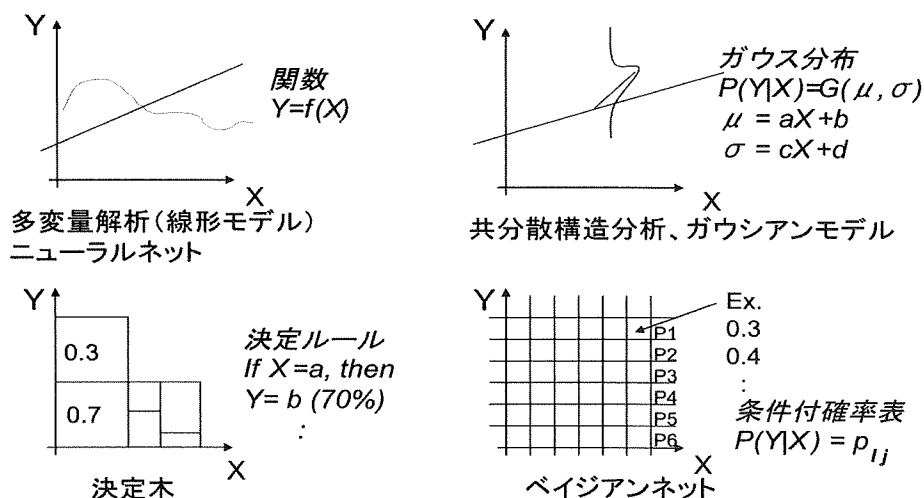


図2 ベイジアンネットワークと他のモデルとの比較(2変数間の共変関係)

ニューラルネットの統計的学習はシグモイド関数で規定される非線形な関数(または写像)によるモデル化である。グラフィカルモデリングの一種である共分散構造分析はガウス分布を仮定し、従属変数に関する平均、分散パラメータを独立変数(の線形関数)によって決定する枠組みである。これに対してベイジアンネットワークは X-Y 空間を条件付確率表にしたがって量子化し、個々の確率値を割り当てたものになるため任意の非線形性を表現できる。つまり複数の親を持つ場合、非線形を持つ交互作用も表すことができる。こうした特徴が活かせる場面として連続値のセンサデータを含むような大規模データからの生活行動モデリングであり、そこでは観測した値をどのように離散化するのが重要な問題となる。

ベイジアンネットワークのモデルが大きなものになると、ネットワークの構造や全ての条件付確率表を手で全て決定することはなかなか容易ではなく、大規模データからの統計的学習によってモデルを構築する方法が必要となる。モデルのネットワーク構造をデータから学習する場合には探索空間が膨大になるため、グラフ構造を評価規準にしたがい Greedy 探索することになる。グラフ構造の良さをはかる評価規準としては、尤度の他に AIC や BIC、MDL などの情報量規準が用いられるが、この際先に述べた対象に含まれる非線形交互作用をいかに反映するかが重要なポイントになる。

以上のベイジアンネットワークによるモデル化と、その上で確率推論を実行することで、生活者の嗜好性や意図や要求などを推定することが可能になる。具体的な例として、筆者らと KDDI 研究所のグループによる、次世代の携帯電話サービスのためにベイジアンネットワークを用いたコンテンツを選択するシステムへの応用事例⁽⁹⁾⁽⁴⁾を紹介する。

4. コンテンツ選択行動のモデリング

まず、約 1600 名の被験者に対して映画コンテンツを提示するアンケート調査によりユーザ属性、コンテンツ属性、コンテンツ評価履歴を取得した。年齢・性別・職業などのデモグラフィック属性の他にライフスタイルなどに関する質問項目、さらに映画視聴に関する態度属性として鑑賞頻度、映画選択時の重視項目、映画を見る主要目的(感動したい等 7 項目)、コンテンツに対する評価(良い・悪い)、その時の気分(感動した等 7 項目)などを収集した。さらに約 1000 人について別途、各映画コンテンツについて、どんな気持ちや状況で、どこで(映画館、DVDで家)、誰と何人で、どんな時に、鑑賞するか、を自由記述文により収集した。このデータを筆者が開発したベイジアンネットワーク構築ソフトウェア BayoNet⁽⁵⁾⁽⁶⁾に入力し、自動的にベイジアンネットワークモデルを構築した。

こうして構築したベイジアンネットワークにより状況とユーザの嗜好性に応じて映画を推薦する携帯情報システムのプロトタイプを開発した。ユーザが携帯電話からサービスへの要求を状況に関する情報とともに送ると、システムはデータベースから登録済みのユーザ属性情報と状況情報を使って確率推論を実行する。その結果選択される確率が高いと判断されたコンテンツを上位から推薦する(図 3)。

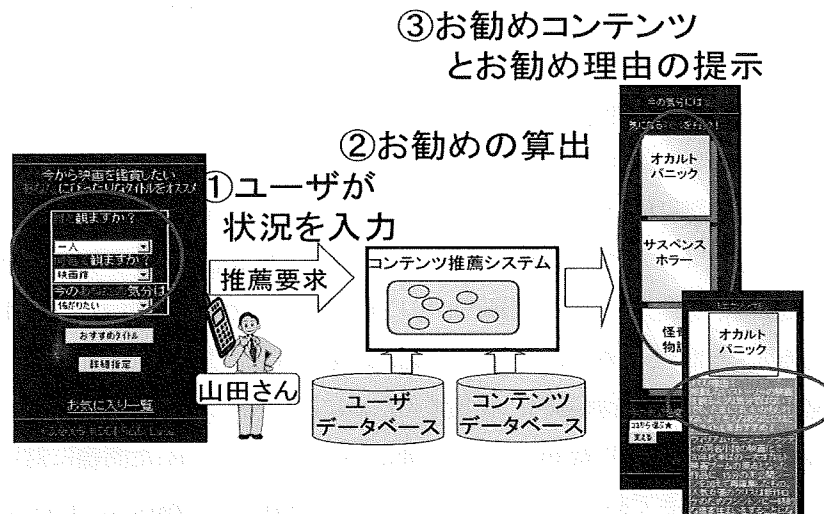


図 3 ユーザと状況に応じて映画を推奨する携帯情報サービスシステム

この映画推薦システムはインターネットサービスにも発展し、auoneラボ(<http://labs.auone.jp>)においてにおいて 2007 年から一般に公開されのべ約 7000 件の推薦を実行した。その推薦履歴からさらにモデルの再学習を行うことで推薦精度を向上させる実験も行っている。またこのように構築されたコンテンツ選択の計算モデルを用いて、今度は提供するコンテンツにもっとも適した利用者層の選定にも応用することができる⁽⁷⁾。

5. 大規模データに基づく知識循環サービス

こうした情報サービスが普及し、多数のユーザがシステムを利用することによって、選択したコンテンツの履歴がさらに大量の統計データとして集積する。そのデータによりベイジアンネットワークモデルの改善が進み、モデルの適合度や推論精度も向上するといった好循環が実現できる。これは実サ

ービスを通じて市場から得られる知識がさらに次のサービスに反映される知識循環と言える(図 4)。現在産総研サービス工学研究センターではこうした知識循環スパイラルによるサービス生産性の向上にも取り組んでいる⁽⁸⁾。

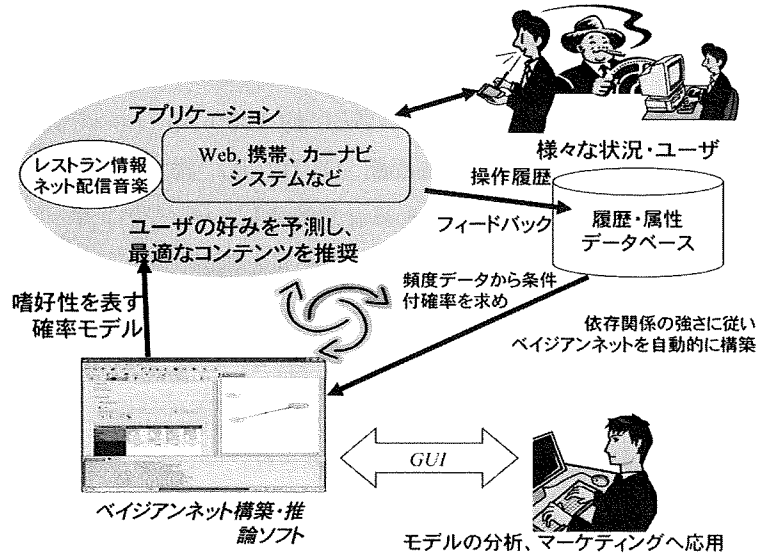


図4 ユーザと状況に応じて映画を推奨する携帯

統計的学習により、複雑な問題を大量データにより解決できるようになった。しかし、統計的学習特有の問題として、モデルが高度で複雑なものになるにつれ、学習のために必要なデータ量が増えることがある。表層的に観測可能なセンサデータなどは比較的容易に取得できるが、人間行動の内部的状態は心理的なものであるため、被験者を用いたアンケート調査も必須になりコストが大きい。またデータを取得する上で、プライバシーの問題や、単に研究目的のためには協力が得られにくいという現実的な問題もある。またたとえ外部的な要因で観測容易な事象だとしても、実際に使う場面において、状況依存性の高い説明変数を網羅的に収集するためには、データを観測する環境が日常的な利用環境とできるだけ合致するように統制しておく必要がある。そこで、こうした問題に対して実サービスと調査・研究を一体化すべきであるとする「サービスとしての調査・研究(Research as a service)」という概念が提唱されている⁽¹²⁾。調査・モデル化の段階とそのモデルを用いた応用を切り離すことなく、情報サービスを社会の中で実行しながら、そこで得られる観測や評価アンケート、利用者のフィードバック(心理的調査)の結果を網羅的に収集する。これは古くはサイバネティクス、また信頼性工学ではデミングサイクルとして知られるPDCA(Plan, Do, Check, Action)サイクルを実問題を通じて回し続けることで、モデルを常に修正していくというものである。不確実性に対する本質的な解決のためには対象を実データによりモデル化し、そのモデルを用いて制御しながらさらにデータを収集する、というサイクルを永続的に続けるアプローチが重要になる。こうした実サービスを通じて社会の中で大規模データの収集とモデルの構築を持続することで消費者モデルを構築し、それを再利用可能なものにすることでさらに多くの情報サービスの実現が可能になる。先に示した携帯情報サービスのようなシステムの開発と応用を通じて、市場における多様な消費者の特性を計算機上でモデル化し、有用な知識モジュールとして社会全体で活用できる仕組みを確立することを目指している。

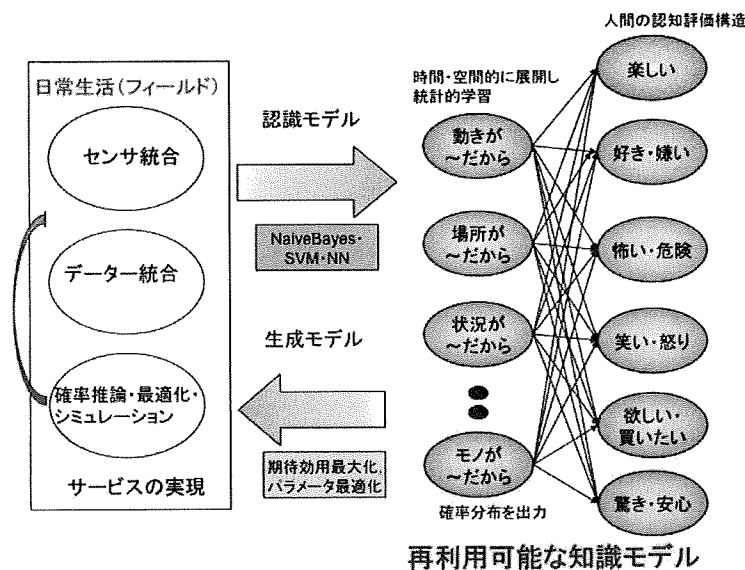


図5 再利用可能な消費者モデルとサービス

7. おわりに

知識循環型のサービスを日常生活環境で実行し続けることで、これまでの実験室環境では得られなかった大量で意味のあるデータが獲得できるようになる。このデータを用いて、生活者の嗜好性や生活上での要求などを推定できる計算モデルを他の場面でも再利用可能な形でモデル化することができれば、様々な日常生活支援サービスの開発に役立てることができる。そこでは本稿で述べたベイジアンネットワークによるモデル化と情報処理技術が重要な役割を果たす。そこでは大規模データの背後にあるデータ生成過程の因果構造を、それら多様に混在した状態から確率的な因果構造としてモデル化するか、という課題がある。また統計的学習による問題解決特有の課題として、モデルが高度で複雑なものになるにつれ、学習のために必要なデータ量が増えることがある。表層的に観測可能なセンサデータなどは比較的容易に取得できるが、人間行動の内部的状態は心理的なものであるため、被験者を用いたアンケート調査も必須になりコストが大きい。またデータを取得する上で、プライバシーの問題や、単に研究目的のためには協力が得られにくいという現実的な問題もある。またたとえ外部的な要因で観測容易な事象だとしても、実際に使う場面において、状況依存性の高い説明変数を網羅的に収集するためには、データを観測する環境が日常的な利用環境とできるだけ揃えておく必要がある。

そこで、こうした問題に対して実サービスと調査・研究を一体化すべきであるとする「サービスとしての調査・研究(Research as a service)」の実践が重要であると考えている。これは調査・モデル化の段階とそのモデルを用いた応用を切り離すことなく、情報サービスを社会の中で実行しながら、そこで得られる観測や評価アンケート、利用者のフィードバック(心理的調査)の結果を網羅的に収集する、という枠組みである。そして実サービスを通じた活動の結果、実ユーザをとりまく状況や文脈までも含んだ大規模データを獲得することが可能になる。このデータから構築したベイジアンネットワークは実際の生活者の認知・評価構造や行動を予測し、多くの場面で水平展開可能な再利用性の高い知識

モデルとして集積し活用できるものになる。

ベイジアンネットワーク技術の持つ良い性質を活かしながらも具体的に解決可能な課題に取り組む研究や活動を進めることが今後益々重要になる。この技術を福祉機器適合の課題に適用するためには、生活者に提供可能なコンテンツとしての福祉機器の機能の分類や登録・管理する仕組みなどの検討が必要である。

参考文献

- 1) 本村陽一, 岩崎弘利: ベイジアンネット技術, 東京電機大学出版局 (2006).
- 2) Y.Motomura, T.Kanade: Probabilistic Human Modeling Based on Personal Construct Theory, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 17-6, 689/696 (2005).
- 3) C.Ono, M.Kurokawa, Y.Motomura, H.Asoh: A Context-Aware Movie Preference Model Using a Bayesian Network for Recommendation and Promotion, *Proc. of User Modeling 2007, LNCS, 4511, 257/266, Springer (2007)*.
- 4) 小野智弘, 本村陽一, 麻生英樹: 移動端末におけるユーザの状況を考慮した嗜好抽出技術, *情報処理*, 48-9, 989/994 (2007).
- 5) Y.Motomura, "BAYONET: Bayesian Network on Neural Network", *Foundation of Real-World Intelligence*, 28/37, CSLI california (2001).
- 6) 本村陽一: ベイジアンネットソフトウェア BayoNet, *計測と制御*, 42-8, 693/694 (2003).
- 7) 落合香里, 下角哲也, 小野智弘, 麻生秀樹, 本村陽一: ベイジアンネットワークを用いた映画コンテンツのマーケティング支援, *人工知能学会全国大会 (2009)*.
- 8) 本村陽一, 西田佳史, 持丸正明, 赤松幹之, 内藤耕, 橋田浩一: サービスイノベーションのための大規模データの観測・モデリング・サービス設計・適用のスパイラル, *人工知能学会誌*, 23-6, 736/742 (2008).

Ⅱ. 分担研究報告

Ⅱ-4. 政策提言に関する研究

Ⅱ-4-1 補装具制度における福祉機器適合システムの提案

分担研究者 井上 剛伸

要旨 福祉機器の適合については長年議論が行われ、多くのモデルが提案されている。しかし、実現に至ったものは数が少なく、具現化できるモデルの提案が望まれている。本研究では、全国 10 ヶ所程度の補装具適合拠点センターとして、既存のリハセンターや病院等を位置付け、高度な適合サービスを提供できるモデルを提案した。本年度は、昨年度提案した原案を元に、有識者のヒアリングを行い、その結果に基づき、更生相談所を巻き込む形のネットワーク構想を提案した。

1. はじめに

福祉機器の適合については、長年議論され、その重要性は多くの福祉機器関係者に認識されるにいたっている。義肢、装具については、国家資格である義肢装具士が制度上定着し、義肢装具学会等を中心にその適合技能の向上が図られているところである。一方、車いすや座位保持装置については、義肢装具士が関わる場面も増えてきてはいるが、その数も十分ではないことから全国的に浸透するにはまだ一定の期間を要すると考えられる。車いす関連の講習会は日本リハビリテーション工学協会等で行われてきているが、適合技能の普及・向上は進んでいないのが現状である。

また、我が国の、障害者に対する福祉用具供給制度の中核である補装具費支給制度においては、都道府県・政令市に設置されている身体障害者更生相談所(以下、「更生相談所」という。)が医学的・社会的な観点等から補装具の判定を行い、それを受けて市町村が支給決定する体制となっており、身体障害者福祉法・児童福祉法から障害者自立支援法へ根拠法が移行されてもその体制は受け継がれている。しかし、多くの更生相談所においては、人員配置が不十分な上に判定業務が非常に複雑となっており、適合業務に十分な時間を避けないジレンマがあると聞いている。一方、政令市など一部の更生相談所においては、訪問調査を行ったり、医療機関の担当医師・セラピスト等と十分な情報交換を行うことで、適切な補装具の判定や適合を行えているところもあり、全国各地で更生相談所の機能に差があり、供給される補装具(特に特例補装具)にも格差が生じているのではないかと指摘されているところである。さらに、市町村においては、担当者が適切な補装具であるかどうか判断し兼ねるという状況も多く報告されている。

そのため、この補装具費支給制度における適合業務を支援するための機能を持つ施設が全国各地に必要であるが、北欧の補助器具センターのような施設を各地に新たに設立し公費で運営することは、財政的にも人的にも現実的ではない。そこで、既存の制度やインフラを最大限活用するための支援システムの構築が望まれるところである。

この解決策として、昨年度全国規模の補装具適合支援拠点・ネットワークの構想を提案し、専門家による議論を行った。そこでの議論をふまえ、本年度は有識者へのヒアリングを通じて、本構想を改定

し、実現性の高いシステムとして提案することとした。

2. 補装具適合支援拠点・ネットワーク構想

昨年度提案した構想を図1に示す。補装具適合拠点は全国に10ヶ所程度を想定し、既存のリハセンターなどの医療機関や施設から義肢、装具、座位保持装置、車いす、電動車いす、重度障害者用意思伝達装置等の、特に判定や適合が困難なケースに対応できる施設等を拠点として位置づけたい。各拠点センターの担当地域をある程度区切り、全国をカバーできる体制を整え、担当地域の病院等との連携を図る体制を構築したい。また、本ネットワークの情報流通の核として、ナショナルセンターを位置づけ、補装具の適合に関する情報の集約や提供、評価手法に関する情報提供等を行うことを考えている。

あくまでも、更生相談所や市町村を支援するシステムであるので、全国の更生相談所や市町村の担当者との情報交換を行える体制を整え、各拠点で行っている適合ケースの相談や、更生相談所と連携して判定や適合が困難なケースへの対応も行っていく機能を持つ。

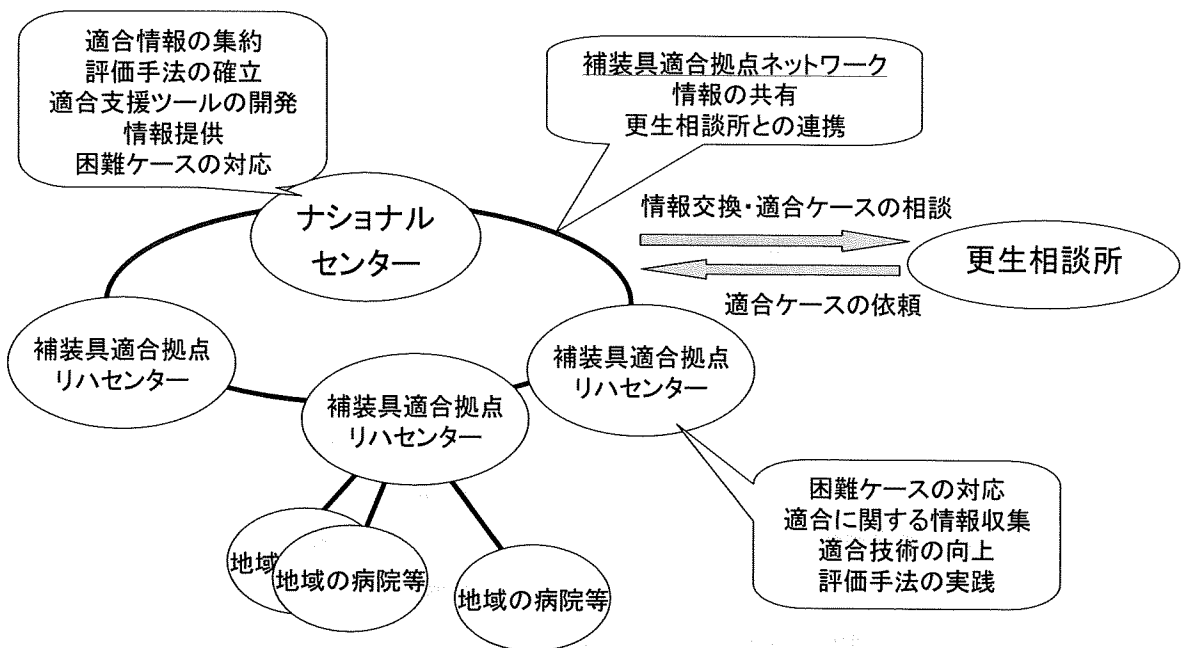


図1 補装具適合拠点ネットワークの概念図

3. 実現に向けた論点

以下に実現に向けた論点を示す。

- (1) 補装具適合の定義と本システムで対象とする範囲
- (2) 本ネットワークシステムの予想される効果
- (3) 拠点センターの機能と業務の範囲、設置可能性(各種目ごと)
- (4) ナショナルセンターの機能と業務の範囲、設置可能性

- (5) 更生相談所との連携の可能性(各地域レベル、全国レベル)
- (6) 費用面の負担
- (7) 厚生労働省における位置づけ(ガイドライン的なものを自立支援振興室から発出可能か)
- (8) その他

4. 有識者へのヒアリング

4. 1. ヒアリング対象

ヒアリング対象として、補装具費支給制度に見識および問題意識が高く、なおかつ現場での経験もある以下の2名を選定した。

有識者A: 伊藤利之氏(横浜市リハビリテーション事業団顧問)

専門はリハビリテーション医学。補装具費支給制度に関する厚生労働省の委員会委員、委員長等を歴任し、本構想に関する適切な意見の聴取が可能と考えられる。

有識者B: 榎本修氏(宮城県リハビリテーション支援センター所長)

専門はリハビリテーション医学。補装具費支給制度における更生相談所の質の向上に関して、精力的な活動を行っている他、補装具費支給制度に関する厚生労働省の委員会の委員も務め、本構想に関する適切な意見の聴取が可能と考えられる。

ヒアリング日時 : 平成22年1月19日 (A氏)

平成22年2月 2日 (B氏)

4. 2. ヒアリング結果(有識者A)

(1) 補装具適合の定義と本システムで対象とする範囲

補装具の供給においては、適応と適合の二つを考える必要がある。適応は、利用者にとってその用具が必要であるかどうか、またどの用具が必要であるかを判断することを意味する。これに対して適合は、適応に値する用具を利用者の身体状況、生活状況等にあわせる作業である。この観点から考えると、義肢装具士が行う業務は適合であり、リハビリテーション医師が主として行う業務は適応となる。

したがって、補装具の供給では、義肢装具士等の適合専門職のみの関わりでは不十分であり、リハビリテーション医師および専門職の関与が欠かせない。そのため、リハビリテーションサービスを提供するリハビリテーションセンターの機能が重要である。

(2) 本ネットワークシステムの予想される効果

本ネットワークの主たる目的として、補装具の適切な支給を支援することをあげた方がよい。更生相談所がその核として役割を果たしているが、人員、費用の問題などもあり十分とはいえない。そのため、

拠点となるリハビリテーションセンターのネットワークが構築されることにより、全国レベルで補装具の適応・適合の質の向上が見込まれる。それに加えて、福祉用具の適合に関する研究開発や安全性評価等への展開も考えられ、日本全体で福祉用具を考えるためのネットワークとなることも期待する。各拠点センターにそれぞれ役割分担をするなど、オールジャパンでの体制を構築することができる。

また、このようなネットワークが構築されることにより、介護保険で貸与・購入が行われている福祉用具についても、用具の選択や試用評価といった適合における質の向上につなげることができる。

(3) 拠点センターの機能と業務の範囲、設置可能性(各種目ごと)

拠点センターと更生相談所を対立軸としてとらえるのではなく、一体化した組織として構築した方がよい。補装具の判定は更生相談所業務のなかで大きな部分を占めており、重要性が認識されている。更生相談所と総合リハセンターを一体化した形で拠点センターとして位置付けることで、補装具の適応・適合・判定業務はスムーズに進むと考えられる。

また、各地域でのリハセンター、福祉センター、病院等との連携を密にすることにより、地域では解決できない難渋事例の適切な対応等も重要な役割となる。地域との連携では、遠隔での適合支援システム等を導入することにより、より密な支援体制を構築できる可能性がある。

拠点については、種目ごとに設置するのではなく、適応と適合の両面を考えることができるリハビリテーションセンターを拠点とすることで、利用者の生活全体をとらえた効果的な補装具の供給が可能となる。

(4) ナショナルセンターの機能と業務の範囲、設置可能性

日本全体を考えた機能を持つ必要がある。各拠点センターの役割分担を決め、日本全体としてのレベルアップを実現するような機能を有する。国立障害者リハビリテーションセンターがこのような機能を持つことを期待する。また、ネットワークを活用し、厚生労働省における制度設計や施策の決定に役立つデータの提示や、調査研究等を実施する機能も必要である。

(5) 更生相談所との連携の可能性(各地域レベル、全国レベル)

更生相談所を併設するリハビリテーションセンターを拠点センターとして位置づけることで、更生相談所を巻き込んだネットワークの構築が可能となる。また、拠点センターの周りに近隣の県等の更生相談所を位置づけることで、全国の更生相談所とのネットワークも構築可能である。

また、地方への権限委譲が進む中で、政令指定都市では更生相談所での判定と交付決定が同一の自治体組織で行えるため、活動しやすくなっている。その影響で、県の更生相談所に比べて、政令指定都市の更生相談所の方が活発にかつ大胆な動きが可能となる傾向にある。これらの、更生相談所を拠点として活用することも、ひとつの案である。一方で、県の更生相談所の役割として、このようなネットワークでの役割を位置付けることのメリットも考えられる。

(6) 費用面の負担

費用、人員に関しては、できる範囲内でやっていくのが現実的で、本来必要とする人員や費用を理想に掲げつつ、できる範囲で始めていくことが重要である。例えば、チームアプローチに必要な人員配置を考えると、理想的には、医師、リハビリテーション専門職、義肢装具士、エンジニアなど多くの人員が必要になるが、はじめはそれぞれの拠点センターで可能な人員で実施し、それぞれのメリット、デメリットを情報共有しながら検討していくことで、理想型に近づけていくことを考えるべきである。

費用に関しては、本ネットワークを組織とした、研究費等の獲得などを積極的に行うことも検討できる。

(7) 厚生労働省における位置づけ(ガイドライン的なものを自立支援振興室から発出可能か)

厚生労働省の補装具検討委員会との関係を構築できるとよい。例えば、委員会での検討事項を、本ネットワークで調査研究するなどが考えられる。

(8) その他

このようなネットワーク構築の意義はあるので、実現に向けた取り組みを進めていくべきである。そのために、各地の総合リハセンターを対象とした調査を実施してはどうか。その上でワーキングチームを作り、たたき台の議論を進めれば、ネットワーク構築の可能性は高いと考える。

4. 3. ヒアリング結果(有識者B)

(1) 補装具適合の定義と本システムで対象とする範囲

制度上の適応と利用者への適合を分けて考える必要がある。現状では、適応の判断は更生相談所で行っているが、適合に関しては業者任せの部分もある。その点で、適合に関する支援を本ネットワークで行うことは意義深い。また、更生相談所には医師との関わりが少ないところもあり、リハビリテーション医療の立場から、適応と適合の両方を考えられることも、本ネットワークの意義である。

(2) 本ネットワークシステムの予想される効果

拠点センターは、更生相談所を併設するリハセンターとすることにより、適応・適合がスムーズに運ぶことが効果として期待できる。

また、科学的根拠に基づいた適応・適合の判断を行うためにも、本ネットワークの果たす役割が期待できる。支給した用具が利用されるかどうか等について、長期的なフォローアップができていない。例えば、障害児を対象とした座位保持装置や歩行器などについても、成長に応じた効果等に関する根拠が示されていない。本ネットワークにより、補装具の使用・不使用に関する長期的なデータを収集し調査研究を行うことで、より効率的で効果的な補装具の供給が可能となる。

(3) 拠点センターの機能と業務の範囲、設置可能性(各種目ごと)

拠点センターと地域のセンターとの連携が可能かどうかは鍵となる。拠点センターと地域のセンターの間に拠点センター以外の地域の更生相談所を入れることで、そこをスムーズに構築できる可能性も

ある。そのためには、補装具の判定制度の見直しも必要である。例えば、直接判定の義務づけなどにより、更生相談所の役割が大きくなれば、必然的に拠点センターへのニーズも高まってくる。

また、遠隔技術にも期待できる。以前、動画と音声を送ることで、補装具の判定を遠隔で行う試みをしたことがあり、その有効性は示されたが、システムで結んだ先に医師や専門職がいなかったため、実用的な部分では問題が指摘された。地域センターにもセラピスト等がいれば、遠隔技術を使った適合や判定も可能である。拠点センターにはこのような機能があっても良いと思う。

(4) ナショナルセンターの機能と業務の範囲、設置可能性

ナショナルセンターでは、拠点センターを結び、情報交流を進めるとともに、科学的根拠に基づいた適応・適合を促進するための調査研究を推進する役割が必要である。また、この分野の日本全体を見据えた取り組みを先導的に行うことを期待する。

(5) 更生相談所との連携の可能性(各地域レベル、全国レベル)

全国身体障害者更生相談所長協議会では、本ネットワークの目的と同様の話題について議論しており、更生相談所との連携は可能である。現在、協議会において補装具判定専門委員会(仮称)の設置を提案しており、ここでは、全国の更生相談所から補装具判定に関する質問を受け付け、回答するような機能を持つことを想定している。また、これらのデータを集積し、Q&Aのような形でまとめることで、全国的な判定の資質向上につなげることも目指している。これらの業務との連携を考えることで、本ネットワークと更生相談所との連携は図りやすくなる。

また、地域レベルにおいても、リハ専門医の常勤する病院や市町村福祉センターと更生相談所を巻き込む形で拠点センターとの連携を構築することも可能である。

(6) 費用面の負担

拠点センターについては費用的に難しい面がある。しかし全国規模での役割を担うことで、拠点センターのモチベーション向上にはつながる。さらには、厚生労働省の補装具施策の中で位置付けられれば、協力が得やすくなるのではないかと。

(7) 厚生労働省における位置づけ(ガイドライン的なものを自立支援振興室から発出可能か)

厚生労働省の補装具検討会との関係で位置付けられれば、存在意義は増す。

(8) その他

利用者に対するアクセスしやすい窓口を用意することが大切である。当更生相談所では、判定に関わった医師や療法士の氏名を利用者への通知に記すように変更した。その後、利用者から直接問い合わせが来るようになり、判定後の状況等についても情報流通が進み、次の判定に活かせるようになった。その意味で、利用者が気軽に相談できる窓口と、そこから得られる情報の共有が重要である。

5. ヒアリング結果に基づくネットワーク構想案

ヒアリング結果から、昨年度提案したネットワークのように更生相談所との関係を対立軸で考えるのではなく、更生相談所を巻き込んだ形でネットワークを構築するべきとの意見が得られた。また、拠点センターには更生相談所を併設する総合リハビリテーションセンターを候補として選定することも提案された。制度に対する適応は更生相談所の主たる業務であるが、利用者の生活を考えたトータルでの補装具の適応・適合を実施するには、総合リハセンターと更生相談所との連携が必要である。ネットワーク構築においても、このようなコンセプトを提案することが効果的である。

また、本ネットワークの機能として、適合に関する情報流通のみではなく、補装具の供給に関する調査研究も積極的に行うことが提案された。各拠点センターでの役割を分担して調査研究を行う体制を作り、研究費の申請等も積極的に行うことにより、適合や判定の現場から制度設計に至るまで、そのプロセスを科学的根拠に基づき整備することができるとともに、オールジャパンでのプラットフォームを構築することが可能となる。

また、ネットワーク構築に向けた取り組みについても意見が得られた。まず、拠点センター候補となる総合リハビリテーションセンターに対する調査を行い、その結果をふまえたワーキングチームによる具体案の検討という流れで進めることが提案された。

以上のヒアリング結果をふまえ、図2に示すネットワークを提案する。

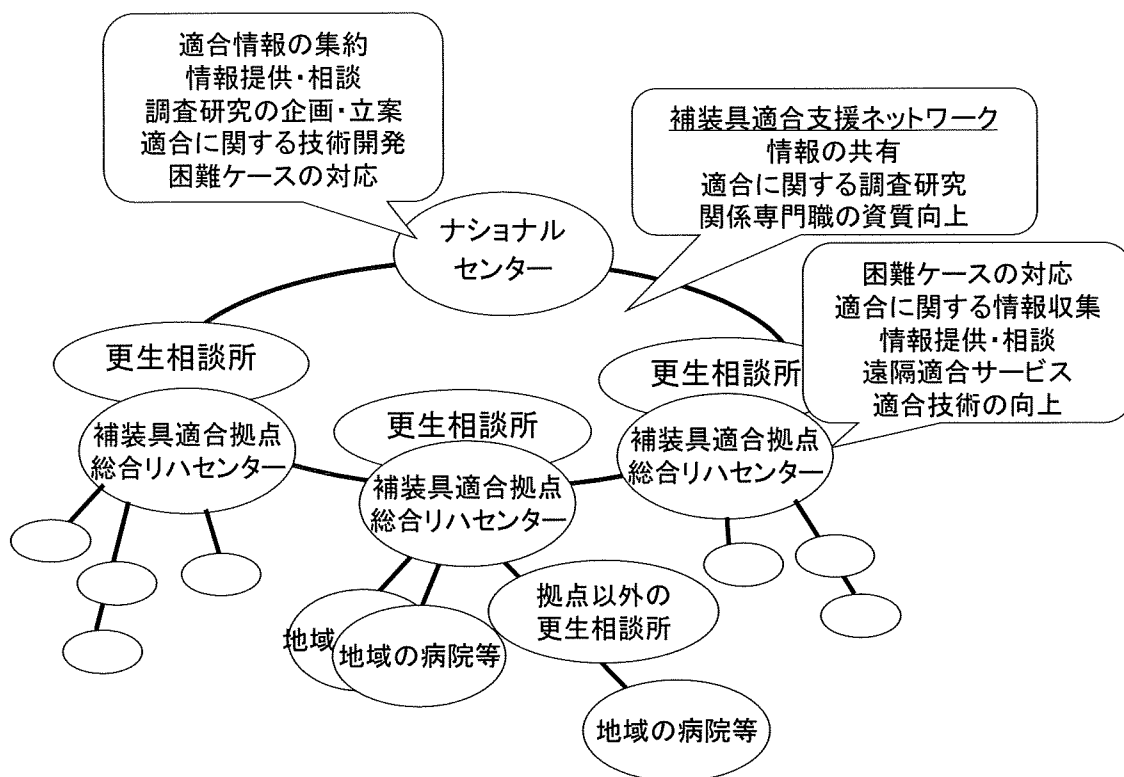


図2 ヒアリング結果をふまえた補装具適合支援ネットワークの構想