

傷や労働災害で義肢支給に至ったものは、民間製作会社で最初の義足から一貫して製作される。

4. 2. 3 義肢の構成部品

QALSの制度を利用するためには、QALS approved listに掲載されている義肢の構成パーツを用いる必要がある。先天性欠損による義肢の支給は認められているものの、レクリエーション用義肢や整形靴の支給は認められていない。手部・足部の切断においては、中手指節間関節、中足趾節間関節より遠位の義肢は支給対象外となる。戦傷や労働災害による義肢支給対象者は、C-legなどの高額なパーツを利用することが出来るが、このQALSの制度では困難である。

4. 2. 4 保証期間

民間義肢製作施設で本義肢を支給した場合は3ヶ月間、修理に関しては1ヶ月間の保証となっている。

修理に関しては、Victoria州と同様に費用によってメジャーとマイナーの2種類に分けられる。A\$750(A\$1=80円換算で60,000円相当)以上はメジャー修理として公的義肢製作施設で行われる。反対に、マイナー修理であると本義肢を製作した民間義肢製作施設が対応する。

4. 3 New South Wales州の義肢支給制度¹⁴⁻¹⁶⁾

オーストラリア東部に位置するNew South Wales州の義肢支給制度はThe New South Wales Artificial Limb Service (NSW-ALS)と呼ばれ、1997年に政府からNew South Wales Healthへ運営を移行した。この制度は、New South Wales州に在住し、永住権とMedicareと呼ばれる保険証を持つ切断者を対象としている。

4. 3. 1 資金体制

New South Wales州には6つの民間義肢製作会社と2つの公的義肢施設が存在し、それ以外の36のクリニックにも義肢を処方できるリハビリテーション医がいる。仮義肢の支給は、NSW-ALSに含まれず、リハビリテーション費用に含まれ、病院から請求される。本義肢の自己負担額は15%で、上限は年間で\$200(A\$1=80円換算で16,000円相当)とされる。ただし、年金受給者は全額免除である。

4. 3. 2 例外支給

基本的には1人につき1本の義肢が支給されるが、製作施設から遠隔地に住まいの者、合併症がある者、16歳以下の学生でレクリエーション用を必要とするもの、労働用義肢などは、2本の支給が認められる。しかしながら、コスメティック義肢や耐水性のある義肢は認められていない。

4. 3. 3 義肢の構成部品

個々の身体能力にあった義肢の構成部品が選択されるべきであり、NSW-ALS下で推奨される義

肢構成部品のリスト(Rehateck TeckGuide 参照によるもの)には、比較的高価格で多機能のパーツも掲載されている。義足の膝継手や足部を例に挙げると、多軸リンク機構で油圧制御の付いた Total knee 2000、3R60、3R80 や Mauch Knee が含まれている。足部だと、エネルギー蓄積型の Trias や多軸機構の Multiflex が認められている。

4. 3. 4 保証期間

義肢を支給した製作施設に 12 ヶ月間の保証義務がある。義肢のパーツに関しては、個々のパーツ別に義肢サプライヤーが保証することになっている。

4. 4 Western Australia州とSouth Australia州の義肢支給制度^{17) 18)}

Western Australia 州と South Australia 州の義肢支給制度は共通点が多いため、まとめて記述する。

オーストラリア西部の Western Australian 州の義肢支給制度は、The Western Australian Limb Service for Amputees (WALSA)と呼ばれ、Commonwealth Department For Health and Family Service からの資金運用で 1997 年から施行されている。一方、オーストラリアの南部に位置する South Australia 州の現在の義肢支給サービスは、The South Australian Amputee Limb Service(SAALS)と呼ばれ、1995 年から South Australia 州の Health Commission により管理されている。両州ともに永住権と Medicare と呼ばれる保険証を持つ切断者を対象としている。

4. 4. 1 資金体制

本義肢の場合、支給・メンテナンス・修理に関する費用負担額は15%であり、上限は年間 A\$200 (A\$1=80 円換算で 16,000 円相当)である。ただし、年金受給者や低所得者、他の疾病を抱えており特別なヘルスケアカードを保持している者は、無料サービスとなる。

Western Australian 州の場合、仮義肢は無償で与えられるが、South Australia 州の SAALS には、仮義足の支給は含まれず、切断後、治療を行っている病院から支給されると記述されている。

Western Australian 州での仮義足、切断後は断端の形状や大きさの変化も大きく、ソケット交換が数回必要ということもあり、リハビリテーション中の仮義肢のソケット(最終の仕上げソケットを除く)は、一般にファイバーグラス製の包帯にて製作される。

4. 4. 2 支給体制

義肢の作り替えや修理を行う際には、WALSA・SAALS に認可されたクリニックで処方を出してもらわなければならない。1999 年に改正された WALSA のマニュアルには、7 施設が、SAALS のマニュアルには 8 施設が掲載されている。処方には、義肢の懸垂タイプや矯正や予防の必要性の有無、アライメントについて、構成部品の一般的な説明、立脚期・遊脚期の機能など、詳しい内容が要求される。

4. 4. 3 例外支給

WALSA・SAALS マニュアルには、製作施設から遠隔地に 1 人住まいの者、労働用義肢などは、2 本の支給が認められる。また、18 歳以下の子供への義肢の支給には、3 年の耐用年数は当てはまらない。基本的には筋電義手や油圧制御部品は認められないが、公的支給金に自己負担額を合わせて使用することも出来る。

レクリエーション用の義肢に関しては、WALSA の制度上、支給対象とはならない。SALSA では、現状のスタンダードな義肢に修正を加え、レクリエーション用義肢へ変更しなければいけない。生活用とは別のレクリエーション義肢を要求する場合は、SALSA の運営者に相談を必要とする。

4. 4. 4 義肢の構成部品

慎重に活動レベルの評価をし、適切な構成部品かどうか検討が必要となる。特に多軸足部を使用する際や軽量の部品を使用する際には、支給対象者の要求や構成部品の機能を使いこなせる能力があるかどうか、など詳細な理由書を提出しなければならない。チタン製の部品やカーボン素材は、高齢切断者のみ用いることが出来き、エネルギー蓄積型足部や多軸足部は、活動度の高い若い切断者に用いられる。

4. 4. 5 保証期間

製作・修理後、義肢製作施設が保証する期間は 12 ヶ月間で、各製作施設が責任を持つ。アライメントや高さ調整もこれに含まれる。ただし、メディカルコンディションの変化や故意による損傷、過度な使いすぎによる消耗は除外される。

本義肢は両州共に通常 3 年間の耐用年数がある。しかし、3 年以内でも病状が変化した場合や断端形状が変化した場合、修理が不可能なダメージを受けている場合、作り替えとなる。

修理はメジャーとマイナーの 2 種類に分けられる。

WALSA では、A\$ 300 (A\$1=80 円換算で 24,000 円相当) がマイナー修理の上限であり、人件費や材料費を含めこの金額を上回らない。メジャー修理は WALSA の制度を利用できる。修理による負担金額は WALSA のマネージャーが製作施設にアドバイスを出す。

SAALS では時間的上限と金額により区別されており、マイナー修理は 2.25 時間以内、上限金額 A\$141.68 (1998 年度、一時間あたり A\$62.97) とされている。SAALS マニュアルの付属ページには、修理例とおおよその修理時間と金額が掲載されている。

5. まとめ

オーストラリアの義肢装具支給制度と義肢装具を支給する上で重要な役割を担う義肢士と装具士の教育制度を紹介した。オーストラリアには日本の義肢装具士のような国家資格は存在せず、専門大学卒後に認定を受けた義肢士・装具士といった専門的職種が医師と共に適合体制を担っている。また、各州での義肢支給制度は歴史的統治による特徴的な支給制度が存在し、人、資金、物に対する各制度が整備され運用されている。

参考文献

- 1) Latrobe University The History of the NCPO,
http://www.latrobe.edu.au/ncpo/docs/logo_hist.html,
- 2) Latrobe University Facilities List,
<http://www.latrobe.edu.au/ncpo/docs/facilities.html>,
- 3) 日本義肢協会 会員名簿,
<http://www.j-opa.or.jp/kaimei-top.php>,
- 4) National Native Title Tribunal – State Maps
<http://www.nntt.gov.au/Publications-And-Research/Maps-and-Spatial-Reports/Pages/State-Maps.aspx>
- 5) Cooper,R. オーストラリアの義肢装具の教育, サービスの供給, 基金の概要. 日本義肢装具学会誌. 19(4),2003, p.254-256.
- 6) Transport Accident Commission Prosthetic equipment
<http://www.tac.vic.gov.au/jsp/content/NavigationController.do?areaID=22&tierID=1&navID=B9EC32EA7F0000010104A4B61AE334F6&navLink=null&pageID=1017>
- 7) Monash University Engineering Rehab Tech TechGuide
<http://rehabtech.eng.monash.edu.au/techguide/>
- 8) Victoria Public Hospitals Policy and Funding Guidelines 1999-2000
<http://www.dhs.vic.gov.au/ahs/archive/pfg9920/16app10.htm>
- 9) The State of our Public Hospitals, June 2009 report
<http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/health-ahca-sooph-index09.htm>
- 10) Australian Government Department of Foreign Affairs and Trade Health care in Australia
<http://www.dfat.gov.au/facts/healthcare.html>
- 11) Australian Government Australian Institute of Health and Welfare Australian's health 2008
<http://www.aihw.gov.au/publications/index.cfm/title/10585>
- 12) Queensland government Amputee limb service,
<http://www.health.qld.gov.au/qals/>
- 13) Queensland government Queensland Artificial Limb Service QALS REFERENCE MANUAL 2008 Edition
http://www.health.qld.gov.au/qals/docs/qals_manual.pdf
- 14) NSW-ALS (The New South Wales Artificial Limb Service)
<http://rehabtech.eng.monash.edu.au/nsw-als/index.htm>
- 15) NSW-ALS list of components for NSW-ALS
<http://rehabtech.eng.monash.edu.au/techguide/nsw/typestate.asp?state=166>
- 16) NSW Artificial Limb Service - Draft Policy Guidelines (June 2000)

<http://rehabtech.eng.monash.edu.au/nsw-als/policy.htm>

17) The Western Australian Limb Service for Amputees (WALSA)

<http://rehabtech.eng.monash.edu.au/techguide/als/pub/walsa.pdf>

18) SOUTH AUSTRALIAN ARTIFICIAL LIMB SERVICE POLICY AND MANUAL

<http://rehabtech.eng.monash.edu.au/techguide/als/pub/saals.pdf>

II. 分担研究報告

II-2-3 ドイツの福祉機器供給制度と適合体制

協力研究者 三ツ本敦子、中村隆

要旨 ドイツにおける義肢装具を提供する義肢装具士の養成と義肢装具支給制度について調査した。ドイツにはマイスター制度と呼ばれる伝統的なシステムが存在し、技術者の養成に力が注がれている。ドイツの支給制度は日本の義肢装具支給制度の基礎となった制度の一つであり、日本のそれと類似している。

1. はじめに

かつて日本の義肢装具支給制度を作り上げる際には、海外(特にドイツ)の義肢装具支給制度が参考にされ、その基本体系が築かれた。また、ドイツにはマイスター制度という独特な技術者養成制度が存在し、義肢装具の支給に関わる技術者であり医療スタッフの1人である義肢装具士の育成もこれに含まれる。本稿ではドイツにおける義肢装具を提供する義肢装具士の養成と義肢装具支給制度について報告する。¹⁾²⁾

2. ドイツの義肢装具士養成

2. 1 マイスター制度

伝統的な見習い制度として知られるマイスター制度は、職業訓練と会社経営に関する知識を学ぶための教育制度である。義肢装具製作に関しても、このマイスター制度が用いられ、製作に必要な技術や医学及び工学的知識、職場環境の管理、事業の運営などが要求される。義肢装具製作施設の開業にあたってはマイスター資格の取得が義務付けられており、現在では毎年約 150 人が義肢装具マイスターにチャレンジし、約 8 割が合格している。

2. 2 義肢装具マイスターの取得方法

ドイツでは 4 年生(日本の小学 4 年生に相当)終了後、主に 3 つのコースに分かれて進学する。

- ・Hauptschule(ハオプトシューレ):5年制基幹学校 手工業職を目指す。義肢装具マイスターを目指すものは、このコースを選択する。
- ・Gymnasium(ギムナジウム):9年制進学校 Abitur(アビトゥーア)と呼ばれる大学進学資格取得を目指す
- ・Realschule(リアルシューレ):6年制実業学校 手工業職種以外の仕事
- ・Hauptschule(ハオプトシューレ):卒業後(日本の中学卒業相当)、義肢装具マイスターを目指すものは、3 年半のデュアルシステムと呼ばれる、実地教育と学校教育をミックスさせたコースで職業教育を受ける。

実地教育では、義肢装具事業所(民間会社、製作所や工房)で Lehrling(見習いという意味、以下レアリング)として義肢装具製作を習い始める。

またレアリングを受けている者は、実地教育を受けながら地域の専門学校に通い座学を受ける。この専門学校ではさまざまな職種のレアリングが集まり、国語、英語、数学等の一般教養と商業基礎を学ぶ。さらに義肢装具に関連した基礎医学や材料学、義肢装具学などを学ぶ。専門学校の学費は無料であり、残業を課すことが許されない以外は一般社員と同じ就業規則で賃金も与えられ有給休暇もある。そして事業所での作業内容のレポートとマイスターのサインを学校側に提出する義務を持つ。

3年半で3段階の試験を経て、最終試験である Geselle(職人という意味、以下ゲゼレ)試験に合格すれば、レアリングは修了する。ただしゲゼレ試験の年齢制限は、22歳までである。ゲゼレになれば社会人とみなされ各職種、各州で規定された最低賃金が保証され、そして5年以上実務経験を積みばマイスター試験の受験資格が得られる。

義肢装具マイスター試験は、以下の科目がある。

- ・専門実技: 3日間で短下肢装具と下腿義足の採型から仮合わせまでと足底挿板のアルミ合金による製作 + 試験委員によって承認された一定レベル以上の困難性の伴う2つの症例の義肢装具製作適合を3週間で製作
- ・専門知識: 義肢装具学、材料学、運動学、解剖学、生理学、整形外科学、病理学が延べ6日間かけて筆記試験と口頭試験
- ・商業基礎と関係法令: 筆記試験と口頭試験
- ・教育学: 筆記試験と口頭試験
- ・その他: 2日間の簿記のコース、1日間の鍛造加工のコース

ドイツ独自のこのユニークな試験は、各事業所の事業運営者として、また職業教育者として相応しいかどうかを試されるものである。マイスターの受験資格はゲゼレとしての実務経験5年以上のみで、養成校等の卒業資格は必要としないが、商業的にマイスター養成校が存在する。

- ・夜間コースの養成校がある都市: デュッセルドルフ、ベルリン、ミュンヘン、ハイデルベルク、シュトゥットガルト、ウージンゲン、アイゼンベルク
- ・全日1年制(2,000時間コース)養成校がある都市: ドルトムント

この全日制のコースは、ドイツで唯一 ISPO(国際義肢装具学会)が定める教育内容カテゴリー□の教育内容を満たすコースである。卒業生はマイスター試験に合格することによって ISPO のカテゴリー□の学業認定証とユーロマイスターの称号が得られる。入学者には学費約450万円のうち1/3がドイツの義肢装具製作施設とメーカーから成る助成委員会から援助される。

2.3 新しい義肢装具教育制度

マイスター制度とは別に、最近では大学で義肢装具を学ぶ学生も増えつつある。

1996年にギーゼン単科大学と協力し、大学教育を組み合わせた学位取得コースを開講した。このコースでは、車いすと姿勢保持装置に重点を置いた福祉用具もコースに含まれる。この大学教育が

始まった背景には、工学とバイオメカニクスを習熟したマイスターの需要が高まったからと言われている。義肢装具の構成部品が工業製品としての高い品質に達してきたこと、また優れた繊維強化プラスチック成型技術(例 プリプレッグ製法)が導入されてきたことで、マイスターに求められる能力・知識がエンジニア分野に傾いているためである。

ギーセン単科大学への入学は、単科大学入学資格とゲセレ資格が必要である。3 学年目にドルトムントのマイスター養成コースで、カリキュラムを受講し、マイスター試験に合格すると同時に機械工学学士の称号も得られる。

また最近ではミュンスター大学と協力したコースも誕生し、大学のクリニックを活用したより臨床に近いカリキュラムを組み込んでいる。このコースは、義肢装具学の学位が取得できる。

2. 4 卒後教育

上記に説明した全日制的ドルトムント マイスター養成校は、卒後教育施設としての役割も強く担っている。2005 年には、178 回のセミナーが行われ、のべ2000人の現場従事者に人に対し教育や実習が行われた。

セミナー内容例(2007 年上半期に行われた 79 のセミナーテーマ)

- ・義肢装具に関するセミナー:注型や切削やギプス採型などの基本工作実習

軟性コルセットの製作

糖尿病合併症の足部への対応

小児側弯症

足部部分切断

MAS ソケット

- ・福祉用具や住宅改修に関するセミナー:車いすの基礎知識

バリアフリー住宅

小児用移動機器

- ・ショップのためのセミナー:専門知識とユーモアを伴った接客方法

コンプレッションストッキング

人工乳房

- ・経営に関するセミナー:工場の安全管理

見積もり方法

関連法令の則った企業運営

ショップ運営

2. 5 ドイツの義肢装具製作所

公的な義肢装具製作施設は少なく、ほとんどは民間の義肢製作会社である。

ドイツの人口は 8,200 万人である。ドイツで義肢装具に関する資格をもつ者が勤務する会社は全国

に約 1,900 社ある。総従業員数は約 36,000 人で、そのうち有資格者は約 12,000 人である。人口百万人に対するこれらの数をドイツと日本で比較してみると、人口百万人に対する会社の数はドイツが 23 社で日本は 3 社、有資格者の数はドイツが 150 人で日本は 15 人と大きな開きがある。

3. 義肢装具支給制度

現在ドイツで使用されている補装具受託報酬価格表は、労働社会省 (Arbeits- und Sozialministerium) が、戦争による傷病者の補装具を認定によって定めたパーツのみを用いて、公的支給とするために作成された。公的保健や各種保健も現在この価格表に準じて補装具を供給している。通常すべての補装具の耐用年数は 4~5 年であり、これはすべての費用負担機関、健康保険、補装具給付所、職業共同組合の為に通用する。例外の場合(例えば体重減少が伴う病気、再切断またはその他の重症)は、作り替えをより早い時期に行なうことができる。また、補装具の供給には医師の処方が必要である。

また、支給機関によって若干ルールに違いもある。

国家奉仕中や戦傷による場合は OVST—Orthopädische Versorgungsstelle(直訳では補装具給付所)が支払うが、上限は存在する。例えば筋電義手でも前腕筋電義手は対象であるが、上腕筋電義手は含まれない。健康保険も同様に前腕筋電義手だけが対象である。労働災害の場合は前腕筋電義手以外に上腕筋電義手も含まれる。新しいパーツの認可を取得するには、1~3 年ほど要し、申請中のパーツはメーカーが製品保証をすれば使用できる。

4. 価格設定

ほとんどすべての種類の義肢装具に関して典型的な見積もり例が提示されている。また一つ一つの義肢装具に関して、実際に要した作業時間、実際に使った材料、パーツの仕入れ値から見積もることも出来る。その際、材料については仕入れ値の 52% を上乗せした金額を請求する。パーツについては仕入れ値の上限 48% を上乗せした金額を請求する。作業時間の単価は平均 4500 円/1 時間である(州によって異なり、一番単価が高く設定されているのはバイエルン州である。他の州は安く設定されている。)。この上乗せ分は労働省と保険事業者の話し合いで決定され、価格の改定は 2 年ごとに行われる。

5. まとめ

ドイツの義肢装具支給制度と義肢装具を支給する上で重要な役割を担う義肢装具士の教育制度を主に紹介した。ドイツでは、マイスター制度における伝統的で職人氣質の教育制度があるが、近年新たな技術者養成も試みられている。

参考文献

- 1) 月城慶一.ドイツの義肢装具. 日本義肢装具学会誌. 19(4),2003, p.264-267.
- 2) 月城慶一.マイスター制度と卒後教育. 日本義肢装具学会誌. 23(4),2007, p.256-260.

II. 分担研究報告

II-3. 適合技術・分析手法の調査研究

II-3-1 座位姿勢計測結果に基づく車いす適合技術に関する研究

協力研究者 星野元訓、廣瀬秀行

要旨 これまで定性的であった座位姿勢評価に関して ISO16840-1 にて用語・表現方法が定義されたことにより、現在の課題は計測手法の確立へと次の臨床応用の段階に移行している。本研究では適合技術に関する基礎的研究として現在行われている 3 計測手法の妥当性と信頼性について、3 次元位置計測器を用いた方法を主体に報告する。

1. はじめに

2006 年に ISO(国際標準化機構)TC173(福祉用具)SC1(車いす)WG11(車いすシーティング)にパート1:「用語、参照軸取り決め、そして身体節、姿勢、姿勢保持面の計測」が刊行された。これによって、それまでは座位姿勢の表現手法は定性的表現手法に留まっていたが、座位姿勢の表現方法が国際的に統一された。

しかし、この ISO 規格では書面上の表記が主体であり、実際の計測における確認は十分ではなかった。日本では筆者らが中心となり、臨床場面で実用に耐えうる精度と測定の容易さを両立することを目標に、測定手法およびシステムの開発を行ってきた。ここでは ISO16840-1 に準拠した座位姿勢計測手法とその信頼性を紹介する。

2. ISO16840-1 の概要

本 ISO では座位姿勢および座位保持装置を対象に、二つの節の角度、座標軸に対する絶対角度、座位姿勢の寸法計測、姿勢保持装置のそれぞれの位置計測、寸法などの取り決めがなされている。ここでは座位姿勢を表現する絶対角度を中心に説明する。

2-1 座標軸

座位保持装置上の姿勢を計測するには、車いす、座位保持装置、そして人間の3つの対象があり、それぞれに座標系を設定する必要がある。しかし、それぞれに設定するのは臨床にそぐわないため、現時点では人間に関しては車いすや座位保持装置の座標軸を基本として計測する。車いす座標軸は左右主輪軸の中央から床面上に降ろした点を原点とし、主車輪(後輪)において X 軸が原点から右車輪を正とし、前方は Y 軸+方向、上方を Z 軸+方向とする(図1)。

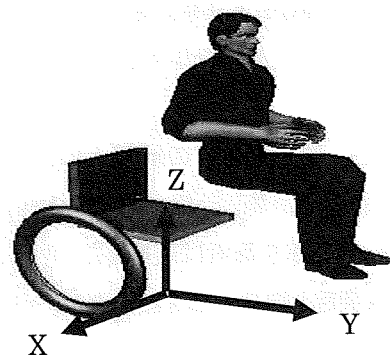


図1 車いす座標軸

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。

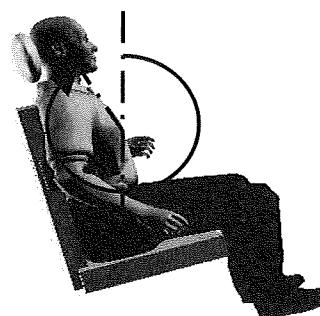


図2 絶対角度（矢状面胸骨線）

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。

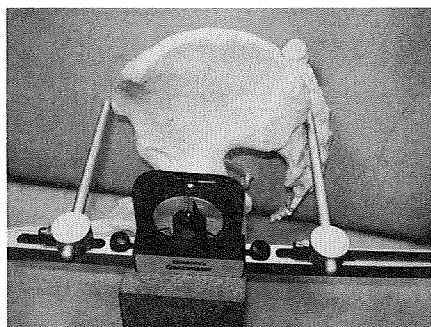


図3 見木式傾斜角度計

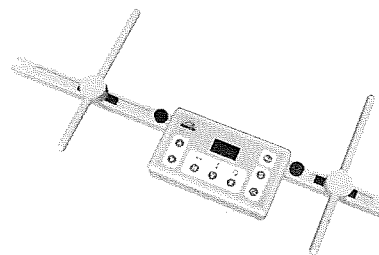


図4 Horizon

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⁾。

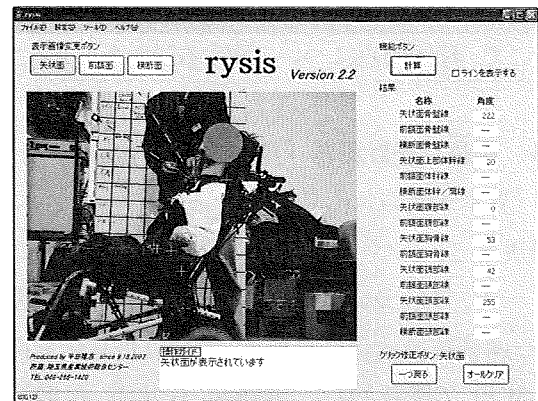


図5 RYSIS による計測とその画面

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 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、健康男性 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

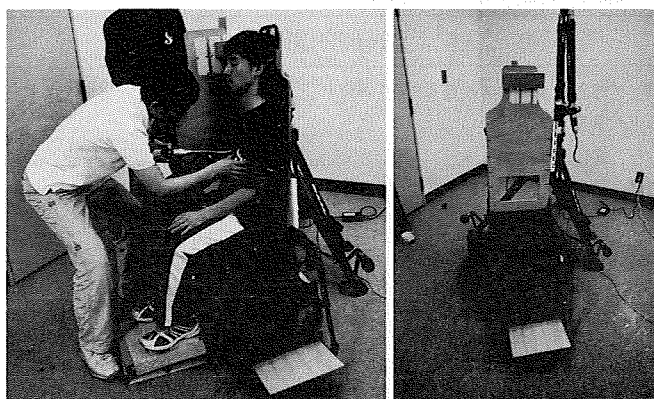


図6 計測の様子(左)・実験装置(右)

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、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

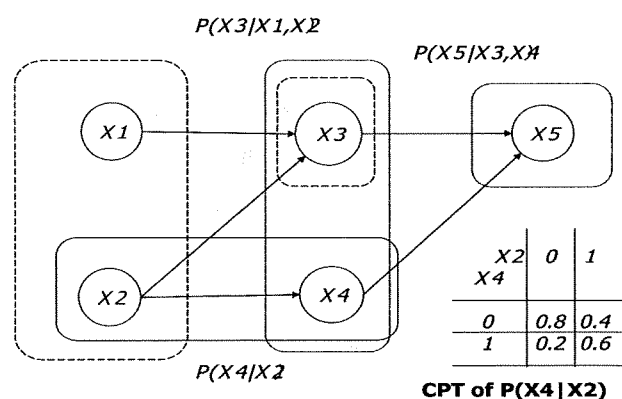


図1 ベイジアンネットワーク

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る、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。

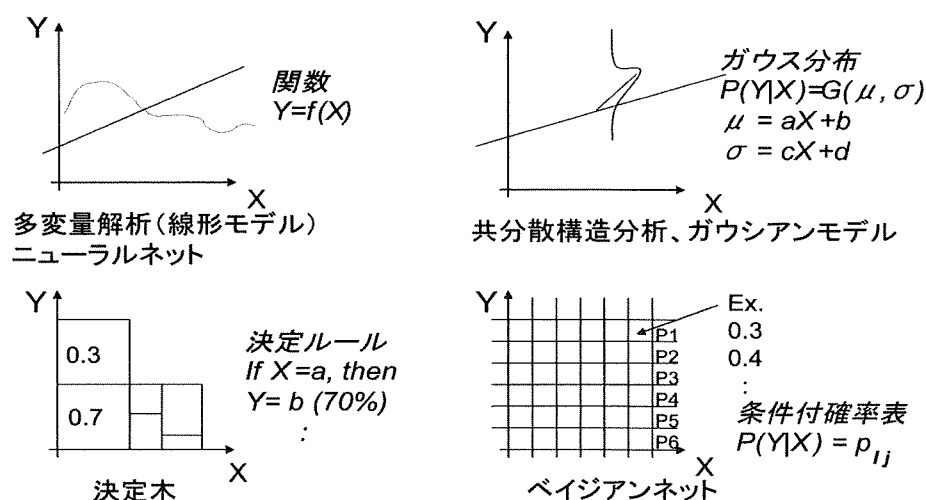


図2 ベイジアンネットワークと他のモデルとの比較(2変数間の共変関係)

ニューラルネットワーク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^{③④}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⁽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)。

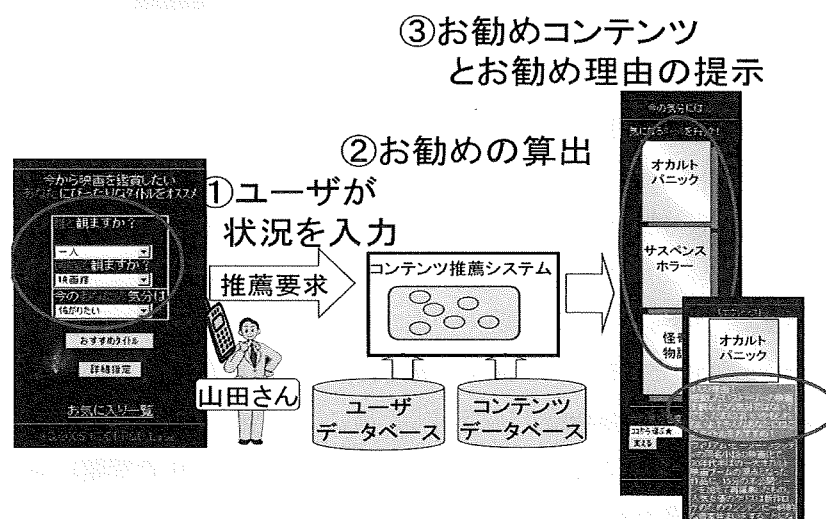


図 3 ユーザと状況に応じて映画を推奨する携帯情報サービスシステム

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