

Ⅱ－1. タイムスタディの
具体的方法論に関する研究

タイムスタディに基づく業務検討における問題点

研究協力者 稲邑清也（関西国際大学経営学部）
研究分担者 門田守人（大阪大学副学長）
研究代表者 大野ゆう子（大阪大学大学院医学系研究科）

研究要旨

1998年の夏、一週間に亘り大阪大学医学部附属病院消化器外科病棟にて研修医、看護師、看護助手について24時間連続他計式タイムスタディを実施した。同年夏、同じく放射線科病棟についても一週間ずつ、2回同じく研修医、看護師についてタイムスタディを実施し、タイムスタディによる業務実態の把握、および比較方法についての検討が始まった。以降、主として消化器外科における医師、看護師の業務実態を継続して調査し、貴重な知見を得てきた。同時に、タイムスタディの結果をどのように人員配置、業務改善に反映させるかについても検討を重ねてきた。本稿では、タイムスタディ結果について業務評価の資料として用いる際、考慮すべき点について検討する。

A. 研究目的

タイムスタディは、観察者が対象者の行動を時系列に沿って観測し、記録するものである。観察者が自分自身の場合は自計式、他に観察者が居る場合は他計式と呼ばれ、前者は行動目的が記録しやすい反面、業務中の同時記録は難しく記録漏れという点で精度が落ちるとされている。特に急性期病棟など忙しいところでは思い出して記入することも困難で、忙しく業務実態を把握したいところほど調査が難しいという問題がある。後者については行動を逐一記録可能であり、動作目的についても対象者から情報を得ることで精度の高い資料が得られるが労力、費用がかかるという難点がある。

臨床現場における業務実態の把握にタイムスタディが有効とわかっているにもかかわらずなかなか実施できない理由は、上記のように実施方法自体の問題が大きい。

また、タイムスタディが実施できると、その結果を臨床スタッフとよく検討せず業務評価に用いる傾向があり、それがまた臨床現場におけるタイムスタディへの不信にも繋がっている。

本稿では、実際にスタディが実施できた場合にでてくる解釈上留意すべき問題点について、特に看護師のタイムスタディを念頭に、病院機能の評価・改善、人事・労務管理の視点から検討する。

B. 研究方法

研究者らは、一貫して他計式連続タイムスタディを行ってきた。観察者は同じ病院に勤務する看護師であったりアルバイトをお願いした保健学専攻の学生であったりさまざまであったが、記録チェック者は必ず2名以上、コアメンバーとして記録精度を保つ役割として存在していた。記録チェック者は観察者の記録をその場で見直し、情報不備や矛盾のある記録部分を指摘する。観察者は記憶あるいは観察対象者にあらためて確認することで情報の精度を確保している。

本稿では、このようにほぼ同精度を保って従来行ってきたタイムスタディの分析過程を見直し、病院機能の評価、人事・労務管理の観点から、タイムスタディの結果として得られるものとそれをもたらした原因の考察についてまとめる。

なお、公表している内容について検討したもので、倫理上の問題点はない。

C. 研究結果・考察

1. ながら業務（並列業務）と直列業務

研究者らがタイムスタディにおいて注目した業務のあり方に、「ながら業務」がある。当初、忙しければ忙しいほど「ながら業務」が増えるという予想をしていたが、実際は外科系など忙しくミスが起こってはならない領域ほど直列業務が推奨され「ながら業務」は少ない結果となった。また、熟練した看護師の場合は、「ながら」で時間を節約するよりも「段取り」をうまく考えることで仕事量をこなしており、次々と準備を整えつつ業務を行うことで時間的余裕と無駄のないケア提供を実践していることが示唆された。

2. 残業時間

定常的に忙しい病棟では残業が日常化すると疲労がたまり医療事故にもつながるため、定時勤務が推奨されていた。残業時間が長い病棟ほど忙しい、とは言い難いことを見出された。内科系病棟は外科系病棟に比べ看護師数は少なく一般に残業も多い。しかし、外科系に比べて人数が少ない「から」残業が多いという簡単な問題とはいえない。病棟師長の統制のとり方もかなり影響していることが示唆され、できるだけ残業しないように、という指示を出しているかどうか病棟運営には大きな違いをもたらしていることが示唆された。

3. 移動時間、記録時間

病棟において無駄な時間の最たるものが移動時間といえる。工場における労務管理において移動時間の削減がミス低減、品質向上に繋がるとされているが、医療現場においては看護師、医師が定位にて業務を行えることは手術など特別な場合を除いて稀である。特に病院が高層化すると移動におけるエレベータ待ちが必須となる。実際中位階でもエレベータ待ちが全勤務時間の1割以上を占めている。

また看護師においては、現在大病院では主流であるプライマリ制（患者受け持ち方式）を用いると訪室すべき病室が散在し、時間がかかりケア提供上必ずしも合理的とはいえない動線となっていた。

患者状態によって看護方式を変える融通性も必要と考える。

記録時間についてはスタディを実施した当初は業務時間の25%近くを占めていたがその後簡略化され現在は15%程度の時間となっている。現在はバスによる治療展開が一般的になってきており、患者一人当たりの平均記録時間は10年前に比べ確実に減少したといえる。しかし、必要な看護観察の証としての記録、ケアレベルを維持するため観察すべき視点の記録も簡略化されているという指摘もあり、改めて必要な記録時間についての検討が重要と考える。

D. 総合考察

他計式タイムスタディは業務実態把握としては優れた方法である。しかし、その結果を人事・労務管理に反映させる場合、単独資料で用いることは難しく、当該病棟、病院の治療システムも考慮して検討する必要がある。

また、マンパワーや費用の関係上タイムスタディが難しい場合は、ビデオ記録、音声記録でも分析が可能と考える。そのいくつかの方法は本報告書にて提案している。「科学的経営法」は一世紀以上前に提案された言葉であるが、医療における科学的経営法についてはこれから開花する段階の科学といえる。

E. 研究発表

なし

F. 知的所有権の取得状況

本研究において、知的財産権に該当するものはない。

G. 文献

- 門田守人(2008). 外科医からみた医療制度の問題点, 外科, 70(7), 699-705.
- 門田守人(2008). 外科からの提言—減少を続ける外科医の現状と展望, 医学のあゆみ, 225(3), 260-263.
- 門田守人(2008). アプローチ, 最新医学, 63(6), 1035-1040.

画像記録の意義と業務観察における画像記録・処理の特性

研究分担者 川崎和男（大阪大学大学院工学研究科）

研究協力者 金谷一朗（大阪大学大学院工学研究科）

研究協力者 小川貴史（大阪大学大学院工学研究科）

研究要旨

記録とは、抽象化した過去の物理事象・現象（人間の活動も含む）である。記録における抽象化はしばしば記号化、言語化を伴う。抽象化の度合いは、記録の目的、および取り得る記録手段の制約から決定される。

病院タイムスタディにおいて、画像による医療従事者の行動、行為記録が期待されている。一般に、人物の識別、位置検出は抽象度が低いため、画像処理によって比較的容易に自動化が達せられる。一方、人物の行為の自動抽出は抽象度が高いため、基本的には観察者（人間）の知識と洞察が必要である。

今後の研究方針として、環境全体、例えば机、椅子、棚、ペン、下敷き、シューズ等にセンサを仕込んでおき、いつ、どのように使われたのかを記録し続け、画像と併せて、人物の行為を抽出する手法（アンビエントセンシングと呼ばれる）について述べる。

A. 研究目的

A-1 記録と抽象度

記録とは、抽象化した過去の物理事象・現象（人間の活動も含む）である。記録における抽象化はしばしば記号化、言語化を伴う。抽象化の度合いは、記録の目的、および取り得る記録手段の制約から決定される。

一般に、抽象度の高い記録は人間に読みやすく、理解しやすい反面、記録された現象に対する別な解釈を阻むことになる。一方、抽象度の低い記録は、そのままでは理解しづらいが、解釈の余地が残された記録と言える。

病院タイムスタディにおいては、記録から結論を引き出す為に抽象度の高い記録が必要であるが、同時に学術資料として、出来るだけ主観の入らない、抽象度の低い記録を残しておく必要がある。その為には、抽象度の低い記録から始めて、徐々に記録の抽象度を高めていく方法が最適である。

A-2 視覚情報の記録

例えば、ある閉じた空間の原子、分子の位置と運動量のある時間にわたって再現することができるのであれば、それは記録であり、かつ最も抽象度の低い記録と言える。しかしながら、このような記録を行うことは不可能である。（興味深いことに、人類の歴史の中で最も長く使われている記録形式の一つは、この方法に近い。すなわち、演劇による記録である。）

人間は外界を観測する為に五感を使うが、そのうちの大半が視覚と聴覚で占められていることが知られている。特に視覚は人間の感覚の7割を占めると言われる。そこで、次に抽象度の低い方法として、「現場」の視聴覚情報を出来るだけ人間が感じるのと同じように信号化し保存する方法が考えられる。まさにこの目的のために設計されたものが、ビデオカメラ（ムービーカメラ）とマイクロフォンである。

視覚情報に限って言えば、ある時刻、

ある位置(3次元)における,ある方向(2次元)に向かう,あるエネルギー(波長)のフォトン(光波)が何個あるかということをもくまなく記録すれば,完全な記録がとれたことになる.このような理想的なカメラをライトフィールドカメラと呼ぶ.

残念ながら,現在我々が通常手に入れられるのは,極めて制限の多いカメラである.まず時刻は普通約17ミリ秒おきに計測することになり,連続した計測は不可能である.位置と方向については,カメラがとらえている画角のうちカメラに面した部分(カメラから見える範囲)から,カメラへ向かう光線しか計測できない.なおかつ,その空間分解能は最高でも数ミリメートル程度,空間解像度も100万要素程度である.また,一般に可視光領域のフォトンしか記録されず,それも長波長,中波長,短波長の3帯域に大雑把に分割した結果しか得られない.

このようにビデオカメラによる画像計測は視覚情報としては極めて不完全な記録しか残せないにもかかわらず,広く受け入れられている.その理由は,ビデオカメラが人間の視覚(目)を模倣し,また記録結果が人間の視覚に対して十分な解像度を与えるからである.すなわち,ビデオカメラによる画像記録によって,その場に立った人がいたならどのように見えていたかを再現することが出来るようになる.

B. 研究方法

B-1 コンピュータによる画像処理

ビデオカメラによる画像記録によって,「現場」を完全に再現することはできないまでも,その場に立った人がいたならどのように見えていたかを再現することは出来る.ただし,ビデオカメラによる画像記録の利点はこの点に留まらない.それがコンピュータによる画像処理である.

コンピュータによる画像処理には,歴

史的には,物理信号をコンピュータで処理して意味のある結果を導こうとする計測情報処理の流れと,人工知能のための視覚取得システムとしての流れがあるが,その方法論に差はほとんどない.

画像(動画像)はビデオカメラ内部でデジタル信号(符号)に置き換えられる.これをデジタル画像(動画像)と呼ぶ.デジタル画像は,時間でスライスすることでデジタル静止画像となる.デジタル静止画像は,平面的な広がりを持ち,縦横にそれぞれ特定の解像度で分解できる.分解された一つ一つの要素は画素(ピクセル)と呼ばれる.画素はさらに赤(長波長),緑(中波長),青(短波長)の三つの要素(成分と呼ぶ)に分解でき,各成分は離散値(多くのビデオカメラでは0から255までの256段階)を持つ.

B-2 画像処理の数学的背景

画像は,それを構成する各成分の値を実数倍しても画像であり,例えば1よりも大きな値を掛ければ画像は「明るく」なる.また複数の画像を足し合わせれば,画像を「合成」した画像が得られる.このように,画像を実数倍したもの,および画像同士を足し合わせたものは再び画像であるから,画像全体はひとつのベクトル空間を張る.詳細に検討すれば,画像空間の基底は画像の各成分であることが導ける.

コンピュータによる画像処理(デジタル画像処理と呼ばれる)は,数学的にはベクトル空間上の写像である.

デジタル画像処理のうち基本的なものに,二つの画像の違いを求めるというものがある.これは画像空間内の二つの点(すなわち二つの画像)の「差」として理解される.もし二つの画像が同一であれば,その差は零ベクトルである.二つの画像が十分近い位置にあれば,画像同士の差のユークリッドノルムは二つの画像の「違い」のよい指標であることが期待できる.

画像空間から時間軸を追い出す理由は全くない。ある画像は画像空間内の1点であり、画像時空間においては一つの軌跡となる。

一方、デジタル画像処理においては、画像空間ではなく、物理的な空間（時空間）に基づいた処理が好ましい場合もある。例えば計測時に画像に紛れ込むノイズは、画像空間内の画像の位置を本来の位置からずらしてしまう。ところが、ノイズにもある偏りが仮定できることが多いため、好ましい空間での写像を行うと処理が簡単になる場合が多い。例えばごま塩状の画像ノイズは空間周波数に偏りがあるため、空間周波数空間（前者と後方で「空間」の意味が異なるため、空間周波数領域と呼びかえることが多い）で処理を行うことがよく行われている。

このように、画像（動画像）は多次元ベクトル量であるため、適当なベクトル空間ないし部分ベクトル空間上で処理が行われる。（より詳細な議論は付録Aを参照。）

C. 研究結果

C-1業務観察と画像記録

画像記録という抽象度から見れば、記録対象によって記録方法に特段の差があるものではない。後に観察者が「見たい」ものを記録すれば必要十分であるが、観察者が「見なくてもよいもの」も念のために記録することは、事前の計画が不完全であることが想定できる場合は、必要と言える。

画像記録用のカメラとしては市販の家庭用ないし業務用（報道用）ビデオカメラを使用することが、コスト面、および機材、周辺機器、画像メディアの入手しやすさから妥当である。

看護における業務観察は、通常のビデオ撮影と主に次の二点で大きく異なる。その第一はプライバシーの問題である。ビデオカメラは対象を選択的に撮影しないし、またすべきでもないため、医療従事者はもちろんクライアントも写り込むことが予想される。これは撮影後の画像処理において除去されるべきである。

第二の点は撮影時間である。看護業務

1 画像記録



2 画像処理



3 人物の抽出



4 行為の抽出



図.1 行為の抽出までの概念図

を記録する為、例えば24時間の記録が必要となるが、これは現在の市販ビデオカメラにおける連続撮影可能時間のほぼ上限である。また24時間分の画像を分割せずに処理できるコンピュータ環境も現在は限られている。

以上の点(撮影時間に関しては本質的な問題ではない)を除けば、画像記録それ自体は学術的に新しいものではなく、また業務観察にすぐに役に立つものとなるわけでもない。鍵となるのは、次に述べる画像処理である。

C-2 業務観察のための画像処理

業務観察で重要となる情報は、ある医療従事者(人物)がある時刻にどこにいるか、およびそこで何をしているかを記録することである。

まず、ビデオカメラで撮影した画像の中に人物がいない場合は、その画像を無視してよいことになる。そこで、ある時刻の画像の中に人物がいるかないかを自動判定することが出来れば、画像による業務観察の省力化が可能になる。

人物以外に動くものがない場合(動物や自動的に動く機械が撮影対象に含まれない場合)、撮影対象に人間が含まれるかどうかを判定することは、撮影対象が基準となる画像からどれだけ離れているかを測ることで達せられる。具体的には、背景となる(人物のいない)シーンを撮影しておき、これを基準画像とする。画像空間において、基準空間から一定以上の距離が離れた画像が、人物の写っている画像である。(画像ノイズのため、基準画像の近傍にも画像が存在することになる。)

また、人物が映っている画像と映っていない背景画像の差から、人物のみを抽出することも可能である。これにより、人物の画像上での位置をコンピュータによって推定できる。(カメラが3次元空間を2次元の画像として記録するため原理的に奥行き方向の位置は1台のカメラからは推定出来ない。)

C-3 人物の抽出

次に興味の対象となるのが、その人物

が「誰であるのか」と「何をしているのか」であろう。前者の問いには比較的簡単な解がある。すなわち、人物ごとに個人を識別するマーカを装着させれば、画像による個人識別は容易になる。

特に自発光装置(発光ダイオードがよく使われる)を頭部に装着する方式はマーカとして優れており、よく使われる。個人を識別するために、カラーの異なる発光を使うか、発光を時間コード化する手法が考えられる。前者はある時刻の静止画像1枚から人物の特定が可能であるのに対し、後者は一定時間間隔の動画像からしか人物の特定が出来ない。その代わり、後者の方法ではより多くの人数を区別可能である。(一般的なビデオカメラを使用した場合、前者の方法では同時に3から5種類程度のマーカ識別が限界であるが、後者の場合はその10倍から100倍以上を識別できる。)

C-4 行為の抽出

人物が識別できたとして、その人が「何をしているのか」さらには「誰のために、何のために、どのように」を画像からコンピュータによって自動的に読み取りたいという欲求は自然である。しかしながら、人物の行為を抽出し、抽象化(記号化)することは高度な情報処理であり、コンピュータによる自動化には難がある。一つの例をあげると、ある人物が紙に何かを書いているシーンがあったとする。人間の観察者は、その人物が利き手にペンを持っていること、そのペンが紙に触れていること、ペンが絶えず動いており、紙に軌跡が残っていくこと、その人物が手元を見ていることなどから総合的に(かつ瞬時に)、その人物が何かの記録をとっていることを知る。しかしながら、コンピュータによってこれらの個々の現象(ペンを持っている、紙を見つめているなど)を抽出することは未だ困難であり、従って行為の抽出は困難である。

行為抽出によるひとつの解法は、撮影された画像を、人間が解釈することである。(すなわち、記録の抽象度を上げる作業を人間が行う。)



図.2 アンビエントセンシングの概念図

コンピュータによる行為抽出がより容易になるような環境を用意する方法もある。例えば看護業務に限定すれば、さらに特定の場所では特定の作業しか行わないと仮定して、人物の位置と人物の行為とに一対一対応があるものとすれば、行為の抽出は位置の検出に帰着する。(例えば、配薬は特定の場所で行わない、カルテの整理は特定の場所で行わないなど。)

もし、ある特定の場所で、そこでは数種類に限られた特定の作業しか行わないと取り決めれば、それぞれの行為に画像的な特徴があれば、画像からコンピュータによって識別可能である可能性は高くなる。例えば、ある机の上で、人物が手袋をしていれば配薬、手袋をしていなければ記録をしていると約束すれば、画像からの行為抽出は容易になる。

より確度の高い行為抽出法として、画像以外の情報を用いることが挙げられる。例えばペンに、キャップが外れているか、あるいは芯が繰り出されているかを記録するセンサを取り付けておけば、そのペンがいつ使われたかをコンピュータは容

易に知ることができる。人物に加速度センサを装着しておけば、その人物の行動についてより正確に知ることができる。棚に、引き出しが引き出されているか否かを記録するスイッチを仕込んでおけば、引き出しが使われたかどうかを確実に記録される。

画像も含めて、様々な物理量から行為抽出の基礎となる情報を得ることをアンビエントセンシングと呼ぶ。

D. 考察

画像は幾何学的には2次元情報であるが、現実の世界は幾何学的には3次元である。特に、人物を地図上に正確にマップするためには、その人物の3次元位置を取得しておくことが望ましい。そこで、3次元画像を記録する手法が従来多く研究されている。CMUの金出ら²⁾は複数のカメラを室内に配置することで3次元画像を記録する方法を開発しており、カメラのみで人物の3次元位置を追跡することは可能である。しかしながら、近年のレーダ技術(特に車載レーダ)の急速な進歩を考えると、カメラにレーダを取り

付けて画像と同時に奥行き情報も取得する方法が今後現実味を増してくる。

また、環境全体、例えば机、椅子、棚、ペン、下敷き、シューズ等にセンサを仕込んでおき、いつ、どのように使われたのかを記録し続けられれば、画像中の人物の行為を抽出できる可能性が大きくなる。このようなセンシングはアンビエントセンシングと呼ばれ、これからの研究対象である。

E. 結論

記録とは、抽象化した過去の物理事象・現象（人間の活動も含む）である。抽象化とはディテールを捨て去ることである。

人物の識別、位置検出は抽象度が低いいため、画像処理によって比較的容易に自動化が達せられることを述べた。一方、人物の行為の自動抽出は抽象度が高いため、基本的には観察者（人間）の知識と洞察が必要であることを述べた。

病院タイムスタディにおいては、医療従事者の行為の抽出に焦点をあわせて抽象化を行うことが第一の研究対象であるが、抽象度の低い（すなわちディテールの残された）記録を保存することは、行為の抽出の過程で捨てられたディテールを研究対象にする余地を残すことでもある。例えば、医療従事者の心理状態（ストレスを感じている、リラックスしている等）を、センサ情報から抽出することも可能かもしれない。

画像及びその他のセンサをデザインすることで、医療従事者の行為、状態を定量化し、よりよい医療へとつなぐことが我々の使命である。同時に医療従事者の経験知識をもとに、患者の状態観察にも本手法の導入可能性を検討していきたい。

付録 A

画像のデジタル記録法について、簡単に述べる。画像、とりわけ動画は情報量が現在のコンピュータ技術の水準から見て極めて大きくなりがちである。例えば、ハイビジョンと呼ばれる映像は通常空間解像度が 1920×1080 画素、時間解像度は毎秒 29.97 フレームである。1

画素あたり 24 ビットのカラー情報（約 1670 万色を表現できることになり、人間の視覚上十分と言われる）を割り振ると毎秒 1.5 ギガビットの情報量となる。現在の汎用コンピュータで処理できる情報量が毎秒 10 から 100 メガビット程度であることを考えると、何らかの情報圧縮が必要である。

人間の視覚は、細かい模様に対して鈍感であるという性質を持つ。言い換えると空間周波数領域では高周波成分に対して鈍感である。そこで、よく用いられる画像取得技術（デジタルビデオカメラに用いられる MPEG2 および MPEG4 AVC 圧縮技術）では、一旦取得した画像を空間周波数領域で記述し（この変換には通常離散コサイン変換が用いられる）、高周波成分については数値を 0 で置き換えるという操作が行われる。（この操作はローパスフィルタリングと等価である。）連続する 0 は高効率に情報圧縮される。

デジタルビデオカメラでは、さらにフレーム間（すなわち時間軸方向にずれた静止画像）に関して相関が大きい特性を利用して、フレーム間情報圧縮も用いられている。最も単純なフレーム間圧縮はフレーム同士の差分画像を使った圧縮であるが、MPEG4 AVC のような最新の圧縮技術ではフレーム内の画素パタン（例えば人物）の動きを補償して差分を生成することで、圧縮率を高めている。

F. 研究発表

なし

G. 知的所有権の取得状況

なし

H. 文献

- [1] CG-ARTS 協会 (2006). デジタル画像処理, CG-ARTS 協会, 東京
- [2] 矢口 悟志, 金出武雄他 (2001). 未校正多視点カメラシステムを用いた任意視点画像生成. 情報処理学会論文誌. コンピュータビジョンとイメージメディア, 42, 9-21.
- [3] 大久保 榮 他 (2005). 改訂版 H.264/AVC 教科書. インプレス, 東京

差分画像とオプティカルフローによる人物検出の可能性

研究協力者 岡田志麻（大阪大学大学院医学系研究科）

研究代表者 大野ゆう子（大阪大学大学院医学系研究科）

研究要旨

病院における患者の安全確保という観点から、看護業務量の算定が不可欠である。しかし、多忙かどうかは主観に基づく判断が占める部分が多く、多忙の定義や評価尺度の定量化が困難である。そこで、看護師の多忙度合いを、現場に負担をかけることなく、かつ低コストで定量的に測るシステムが必要であると考えた。これを実現する第1歩として、ナースステーションにおけるスタッフの動作量に着目し、動画像を差分処理することでスタッフの動作量を推定する方法を提案してきた。しかし今後、詳細なタイムスタディの手法として動画を用いるためには、動作人数を自動的にカウントするシステムが必要となる。本研究では、この動作量を推定する方法の発展的な解析として、差分画像とオプティカルフローに着目し、擬似的にナースステーションを再現し、被験者が移動する様子を撮影した。この動画像の差分画像と、オプティカルフローから、動作している人物の検出可能性の検討を行った。その結果、差分画像と、オプティカルフローからの動作している人数の検出可能性が示唆された。

A. 研究目的

病院における患者の安全確保という観点から、看護業務量の算定が不可欠である。看護業務は多忙であり、従来は多忙さがもたらす看護師への肉体的、精神的影響に関する問題、さらに後続する患者へのケア提供の安全性や質に関する問題が取り上げられてきた。しかし、多忙かどうかは主観に基づく判断が占める部分が多く、多忙の定義や評価尺度の定量化が困難である。

業務量把握に関する研究アプローチは、タイムスタディに基づく業務量調査、患者の状態に焦点を合わせたもの、患者のアウトカムに焦点を当てたものがある。タイムスタディではどのような業務行動にどれだけの時間が費やされたかを定量的に評価するものであり、費やされた業務時間について信頼性の高い結果が得られる。医師やその他コメディカルを含む臨床現場で広く使われている。しかし、タイムスタディの問題点として、調査に

費やすマンパワーやコストが大きい、臨床現場への負担が大きいことが挙げられる。

そこで、我々は、看護師の多忙度合いを、現場に負担をかけることなく、かつ低コストで定量的に測るシステムが必要だと考えた。これを実現する第1歩として、動画像の差分処理によるスタッフの動作量推定の手法について言及してきた。しかし今後、詳細なタイムスタディの手法として動画を用いるためには、動作人数を自動的にカウントするシステムが必要となる。

本研究では、この動作量を推定する方法の発展的な解析として、差分画像とオプティカルフローに着目する。擬似的にナースステーションを再現し、看護師を想定した3名を移動させ、動画像の差分画像と、オプティカルフロー[1]画像から、動作している人物の検出可能性について検討する。

B. 研究方法

(1) 差分処理

動画像処理においては、静止画像を対照にした画像処理と同様に、処理対象や目的に応じて様々な方法が使い分けられている。それらの動画像処理の中でも、最も基礎的かつ重要な方法は下記の2種類といわれている。本研究では特に前者に着目し、画像処理を行う。

- 1) 画像間の差分に基づく方法
- 2) 速度ベクトルを求める方法

ある2枚の画像間の差分は、これらの画素間の階調値の差、あるいは絶対値の差のことである。動画像において差分画像を求めることは、画像中の移動物体の抽出に有効であると考えられている。差分画像を求める際は、次の方法が一般的である。

- 1) 背景画像との差分を求める
- 2) 2枚のフレーム間の差分を求める
- 3) 3枚のフレーム間の差分を求める

連続する2枚のフレーム間の差分画像を用いた場合、静止物体に関しては、フレーム間の差分がほぼ0になることから、移動物体の抽出が容易である。しかし、この方法では、移動物体の速度が大きいほど差分画像中の移動物体の輪郭を明確に抽出することが困難である。このことから、3枚のフレーム間の差分を求める方法が考案されている。本研究では、障害物が存在する室内における人間の移動を捉えるため、移動物体の速度が大きく関与するものではない。よって、本論文では、2枚のフレーム間の差分を求める方法を採用する。

(2) 画像処理システムの概要

計測した動画像を静止画に変換し、被験者の動きを連続的に捉えて被験者の行動変化を計測する。このためのアプリケーションプログラムを作成した。アプリケーションの作成環境としては、コンピュータのOSにWindowsXPを用いて、Microsoft Visual C++ version 6.0上で

作成した。画像処理の流れを図1に示す。

ビデオカメラから入力された動画像を、BMP形式の静止画に変換を行い解析する。この時、必要があれば、処理の高速化のため、リサンプリングを行うことも可能である。本研究では、より細かい動作の検出のため、リサンプリングは行わない。なお、静止画のサイズは320(幅)×240(高さ)[pixel]である。

次に、BMP形式の静止画を連続的に読み込み、処理の高速化のためにROI(Region of Interest)を設定する。ROIとは関心領域を指し、画像の全体から関心のある、つまり処理に必要な領域を設定して切り出す。ROIの処理を行うことにより、余分なノイズや、画像サイズを小さくすることで処理の高速化が可能である。ROI処理の後、画像のグレースケール化を行い、差分処理によりフレーム間の濃淡値の変化を検出し、その値から被験者の画像内における総合的な動作量を推定する。本研究では、差分画像からオプティカルフローの算出も行う。

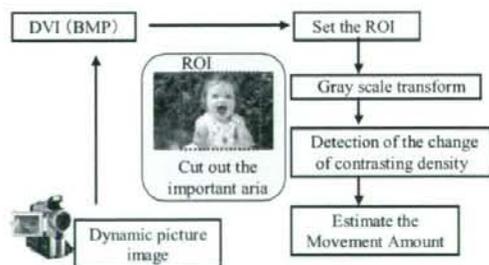


図1. 画像処理の流れ

(3) 濃度値変化の検出

動画像は、物体の動作に伴って各点の濃度値が変化する。この濃度値の変化を隣り合う2枚のフレームの差分をとることで検出を行う。静止画像の1つのフレームに対して、全ピクセルの濃度値の時間微分を計算し、各ピクセルの濃度値の変化を検出する。静止画像のサイズは、x方向へm個、y方向へn個の合計 $n \times$

m 個のピクセルで構成される。本稿では静止画のサイズを 320(幅)×240(高さ)に設定しているため、 $m=320$ 、 $n=240$ となる。

時刻 t におけるフレームの濃度値行列を $D(t)$ とすると行列 $D(t)$ と行列 $D(t+1)$ の時間微分行列 $\dot{D}(t)$ は(1)、(2)式のように表現できる。

$$D(t) = \begin{pmatrix} d(t)_{11} & \dots & d(t)_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d(t)_{m1} & \dots & d(t)_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\dot{D}(t) = \begin{pmatrix} d(t)_{11} & \dots & d(t)_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d(t)_{m1} & \dots & d(t)_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

次に、各点における濃度値の時間微分と定数 ϵ を用いて次の 3 つに分類する。ある座標位置 (x,y) にあるピクセルの濃度値の変化は $\dot{d}_{xy}(t)$ で表現することができる。また $\dot{d}_{xy}(t)$ は下記の条件で 3 つの

状態に場合分けをする。なお、条件式における定数 ϵ は許容誤差である。

i) 濃度値が増加
 $|\dot{d}_{xy}(t)| > \epsilon$ かつ $\dot{d}_{xy}(t) < 0$

ii) 濃度値が減少
 $|\dot{d}_{xy}(t)| > \epsilon$ かつ $\dot{d}_{xy}(t) > 0$

iii) 濃度値に変化なし
 $|\dot{d}_{xy}(t)| < \epsilon$

本手法を用いて、画像内にあるオブジェクトが時間 $t[t]$ から $t+3[t]$ にかけて x の正の方向へ移動する様子をシミュレーションした。この結果を図 2 に示す。

図 2 より、Test Images にて、ある時刻 t における画像 ($D(t)$) から、オブジェクトが画像の左側に出現 ($D(t+1)$)、オブジェクトが画像の右側に移動 ($D(t+2)$)、オブジェクトが消失 ($D(t+3)$) した場合における差分処理、濃度値変化を検出したものである。

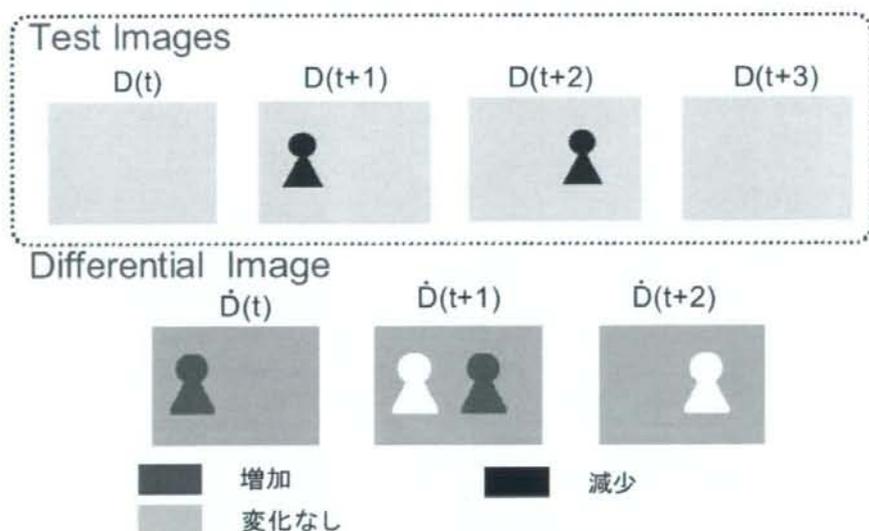


図 2. 差分画像のシミュレーション例

Differential Images をみると、画像 $D(t)$ と $D(t+1)$ の差分処理結果 $\dot{D}(t)$ 、画像 $D(t+1)$ と $D(t+2)$ の差分処理結果 $\dot{D}(t+1)$ 、画像 $D(t+1)$ と $D(t+2)$ の差分処理結果 $\dot{D}(t+2)$ を確認することができる。それぞれ、オブジェクトの移動により画像濃度が変化したことが確認できる。

(4) 平滑化処理

差分処理を行った画像にはノイズ成分が重畳している。ここでは画像のフィルタリングについて述べる。画像のフィルタリングは画像全体に対して同一の演算を施すことにより、画像中のエッジの強調やノイズ除去、特定周波数成分のカットや強調を行うことが可能である。空間領域内でのフィルタリングと、画像にフーリエ変換などの直行交換を施して周波数領域に変換した後、フィルタリングを行う周波数領域でのフィルタリングに大別できる。本研究では、空間領域内でのフィルタリングを採用する。空間領域内でのフィルタリング手法は次の2種に大別することができる。

- 1) 差分フィルタ：画像中の線やエッジの強調、積分操作
- 2) 平滑化フィルタ：画像中の雑音除去、平滑化、積分効果

本手法では、ノイズの除去を必要とするため、平滑化フィルタ（積分操作）を採用する。平滑化フィルタは画素の階調値の積分に基づく。フィルタリングには様々な種類があるが、近傍の画素の階調値に対する線形結合に基づく線形フィルタが一般的に採用される。

濃度値行列 D において、ある注目画素の座標位置 d_{xy} における近傍画素の濃度値に対して数値演算処理を行う。ある濃度値行列 D の座標位置 $d(x,y)$ における線形平滑化フィルタの式を (3) に、このときの近傍画素図を図3に示す。ただし、この式と図は近傍として注目画素を中心とする 5×5 [pix]

に設定している。

$$d(x,y) = K \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 C_{i,j} \cdot f(x+i,y+j) \quad (3)$$

$d_{x-2,y-2}$	$d_{x-1,y-2}$	$d_{x,y-2}$	$d_{x+1,y-2}$	$d_{x+2,y-2}$
$d_{x-2,y-1}$	$d_{x-1,y-1}$	$d_{x,y-1}$	$d_{x+1,y-1}$	$d_{x+2,y-1}$
$d_{x-2,y}$	$d_{x-1,y}$	$d_{x,y}$	$d_{x+1,y}$	$d_{x+2,y}$
$d_{x-2,y+1}$	$d_{x-1,y+1}$	$d_{x,y+1}$	$d_{x+1,y+1}$	$d_{x+2,y+1}$
$d_{x-2,y+2}$	$d_{x-1,y+2}$	$d_{x,y+2}$	$d_{x+1,y+2}$	$d_{x+2,y+2}$

図3. 線形平滑化フィルタにおける注目画素と近傍座標位置

$f(x,y)$ は注目画素、 K は定数、 C_{ij} は近傍の各画素に掛ける係数である。 K と C_{ij} を変化させることで様々な線形フィルタを作ることができる。

本手法では、注目画素の座標位置 $f(x,y)$ に隣接する 5×5 個の画素の平均を算出し、注目画素の座標位置 $f(x,y)$ の位置に平均値として $d(x,y)$ を入力している。その処理を全画素に独立して行うことによりフィルタリングを行う。画像中の雑音を除去し、階調が変化している部分をぼかす平滑化の機能がある。

近傍は、原画像に対して十分に小さくしなければならない。このことから、通常、 3×3 や 5×5 、 7×7 を採用する。今回、人物の輪郭をより明確に把握するため、画素全体 (320×240 [pix]) に対して、 5×5 [pix] という値を採用した。

(5) オプティカルフロー

差分を求めることにより、動画像のフレーム内のどの部分が移動物体であるかわかるが、それだけではその移動物体の各部が実際にどのような方向に、どのような速度で移動しているかは求めることができない。これを求めるためには、フレーム中の各点がどのような速度ベクトルを持って運動している

かを調べる必要がある。このように、フレーム内の各画素の速度ベクトルを求めたものをオブティカルフローという。

オブティカルフローを表示するときには、通常、線分の集まりで表現する。白い点はその点の速度ベクトルが0であることを示し、長さをもった線分は、線の向きはその点の速度の方向、線分の長さが速度の大きさをそれぞれ示している。オブティカルフローにより、そのフレーム中の各点の速度ベクトルを確認することが可能である。

(6) 対象と方法

擬似的なナースステーションにおいて、計6名の被験者に薬剤業務の動作を御願いし、その様子を動画として記録した。6名のうち、3名は同じ場所にて薬剤業務を、残り3名は順次移動した。

記録した動画から、差分画像とオブティカルフローを算出した。なお、人物の輪郭をより明確に把握するため、サンプリングフレームレートは30[fps]、平滑化処理における近傍は 5×5 [pix]に設定した。

C. 研究結果と考察

移動の際における動画の1秒毎のコマ送り画像とその差分結果、オブティカルフローによる結果を図4~5に示す。図4~5より、差分画像とオブティカルフローから3名の被験者が移動している様子が確認できる。画面の奥にいる人物ほど小さく、手前の人物ほど大きく動作が検出できていることが確認できる。このことから、差分画像とオブティカルフローから、目視のレベルでは、動作している人物を検出できることが確認できた。

D. 結論

病院における患者の安全確保という観点から、看護師の多忙度合いを、現場に負担をかけることなく、かつ低コストで定量的に測るシステムが必要で

ある。これを実現する第1歩として、動画像の差分処理による被験者の動作量推定の手法を提案した。これを検証するために、この手法を用いた研究室における検証実験を行った。その結果、動画像を差分処理したのから推定した動作量は研究室の被験者の総動作量をよく表現していた。この手法では、被験者はセンサ類から完全に無拘束、非接触な状態で行動量が調査されるため、無意識下での計測が可能となる。ただし、被験者の業務量調査を目的とする場合、この検証によって、仕事の出来、不出来が評価されるという誤解を被験者に与えるべきではない。この場合、ビデオ計測では被験者のプライバシーが問題となる。そこで、ビデオの元画像ではなく、差分画像やオブティカルフローを残すことで、個人を特定することはなく、被験者を守ることが出来る。

次に、差分画像処理の応用として、擬似的にナースステーションを再現し、3名を移動させ、動画像の差分画像と、オブティカルフロー画像から、動作している人物を検出できるか検討した。その結果、移動する人物を目視で判別することができた。今後は、判別を自動で行うアルゴリズムを構築する必要がある。

本手法の問題点としては、2次元の画像を用いているため、実際の3次元における動作と比較してひずみが生じる。この問題に対しては、もう1台カメラを設置し、動画像を撮影することで3次元に近い表現をするということも考えられる。

今後は、実際の臨床現場に本手法を適用することで、ナースステーションにおけるスタッフの動作量を推定することを計画している。

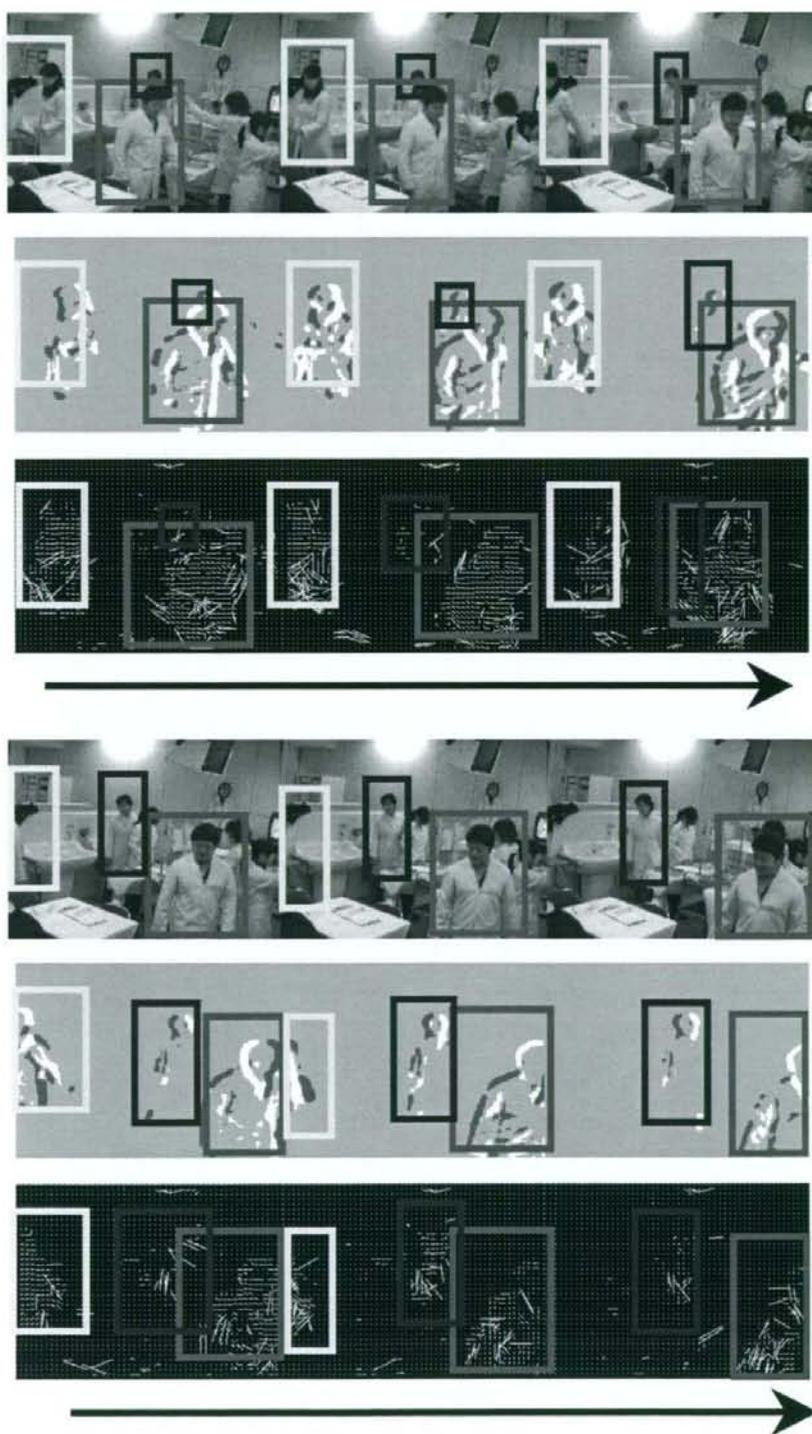


図 4. 移動のコマ送り画像とその差分画像, オプティカルフロー①

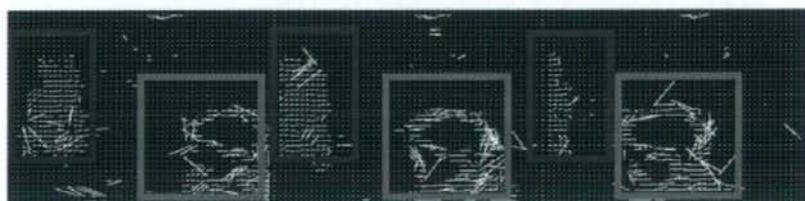


図 5. 移動のコマ送り画像とその差分画像, オプティカルフロー②

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Shima Okada, Yuko Ohno, Goyahan, Kumi Kato, Ikuko Mohri, Masako Taniike, Efficacy of the Patient Monitoring Method by Difference Image Processing during Sleep, Japanese Journal of Applied IT Healthcare, 2008.

2. 学会発表

- 1) OKADA S., OHNO Y., KENMIZAKI K., TSUTSUI A. and WANG Y., Development of Non-restrained Sleep-Monitoring Method by Using Difference Image Processing, Proc. European Congress for MBE2008, eMBEC, 2008, pp103.

F. 知的所有権の取得状況

本研究において、知的財産権に該当するものはなかった。

G. 文献

- [1] 安居院猛, 長尾智晴: C言語による画像処理入門, 昭晃堂, 2000

全方位（360度）カメラによる画像記録

研究分担者 川崎和男（大阪大学大学院工学研究科）
研究協力者 金谷一朗（大阪大学大学院工学研究科）
研究協力者 小川貴史（大阪大学大学院工学研究科）
研究協力者 中村昌平（大阪大学大学院工学研究科）

研究要旨

カメラとは、もともと単一の方向のみを撮影するために考案されたものであるが、より広い画角の撮影を求めて、過去に様々な試みがなされている。本稿では、このような取り組みの一つである、光学式全方位カメラを取り上げ、これが病院タイムスタディに適しているかを論ずる。

A. 研究目的

・全方位カメラ

カメラとは、もともと単一の方向のみを撮影するために考案されたものであるが、より広い画角の撮影を求めて、過去に様々な試みがなされている。たとえば、レンズの画角を広げて、広範囲を撮影できるようにしたもの（全周魚眼レンズは360度全周囲が画角に入る）や、複数のカメラを並べて1台のカメラで撮影できない範囲を相互にカバーするカメラシステムが開発されている。

従来の取り組みのうち、特に360度全周囲を一度に撮影できるようにしたものを全方位カメラと呼ぶ。このようなシステムは、1台のカメラに全周囲のシーンを導く光学系を用いたものと、複数台のカメラからの画像を合成するものとに大別できる。前者はカメラが1台であるため比較的小型に設計できる反面、高解像度のカメラを作成することが技術的に困難である。一方後者は、比較的高解像度のカメラシステムを作成することが可能である反面、複数カメラを使うことにより装置がやや大型になることが難点である。

本研究では、前者の光学式全方位カメラの病院タイムスタディへの応用を検討する。

・全方位カメラの必要性

一般に病院では医療、看護のための設備で手狭なことが多く、タイムスタディのために多くのカメラを設置することは困難である。また、医療従事者の動く速度は人間の平均的な歩行速度よりも速く、カメラで追いかけることは現実的ではないため、固定視点で広い画角をカバーすることが望ましい。特にナースステーションなど、廊下と異なり平面的な自由度がある空間においては、カバーすべき画角は全方位にわたるため、全方位カメラの活用が望ましい。本研究では、全方位カメラとしてHyperOmni Visionを用いる。

・全方位カメラHyperOmni Visionのセンサ構成

HyperOmni Visionは、図1に示すように、鉛直下向きの双曲面ミラーと鉛直上向きカメラから構成され、従来のミラーを利用した全方位視覚センサと同じくセンサの周囲360度の画像を一度に撮像できる。更に、本センサは次に述べるように従来センサにおける視野及び光学系に関する問題点を改善できる。

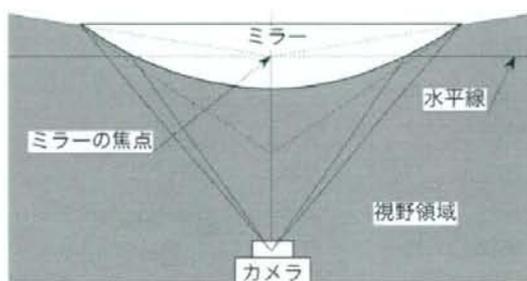
円錐ミラーを用いる方法では側方中心の視野領域を持つ反面、足元を写すためには光学系に工夫が必要であった。それ

に対し本センサでは、上方視野は円錐ミラーを用いる方法と同様に双曲の漸近面により制限されるが、下方視野については球面ミラーを用いた方法と同様に制限がない。従って、HyperOmni Visionは、側方中心でかつ足元視野も得られるという円錐ミラー及び球面ミラーを用いた両方法の視野における利点を持つ。

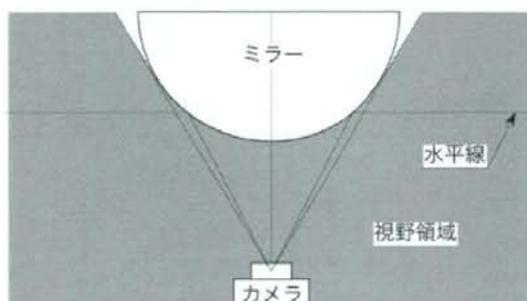
またHyperOmni Visionは、その光学特性が透視投影であるため入力画像をミラ

一の焦点から見た画像（一般のカメラで撮像した画像）やカメラを鉛直軸周りに回転して得られる画像（円筒状の全方位画像）に簡単に変換できる。そのため従来の全方位視覚センサと比べ多様な画像処理が可能となる。

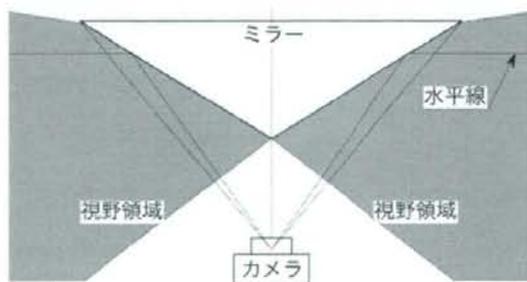
HyperOmni Visionでは双曲面として2葉双曲面を用いる。図2に示すように2葉双曲面とは双曲線を実軸（Z軸）周りに回転することで得られる曲面である [1]。



(a) 双曲面ミラー(HyperOmni Vision)



(b) 球面ミラー



(c) 円錐面ミラー(COPIS)

図1. 全方位視覚センサの視野領域

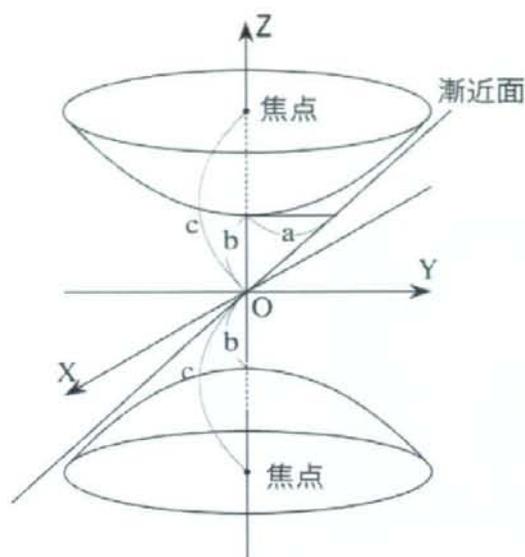


図2. 2葉双曲面

B. 研究方法

図3に本プロジェクトのために準備した全方位カメラの外観を示す。このカメラはCCDカメラの前方に双曲面ミラーを設置し、ミラーの周囲360度を撮影できるようにしたものである。ミラーの直径は約50mm、カメラを含めた光学系全体の高さは約200mmである。本カメラは奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科像情報処理学講座によって設計されたものである。

ビデオカメラの解像度は 640×480 画素、時間解像度は毎秒 29.97 フレームである。ビデオ出力はNTSC信号である。画像の記録には別途HDDレコーダなどのビデオ記録装置が必要である。



図3. 全方位カメラ