

一般研究課題 人と機械の協調動作のための多角的画像情報からの
視覚感性情報抽出に関する研究
助成研究者 愛知県立大学 村上 和人



人と機械の協調動作のための多角的画像情報からの 視覚感性情報抽出に関する研究

村上 和人
(愛知県立大学)

1. はじめに

近づくつつある少子・高齢化社会においてはことさら，人と機械（ロボット），あるいはコンピュータとの協調動作を円滑にすることは，身近な生活環境を充実させることにつながると思われる．近年，ロボットは生活環境に導入されつつあるが，ロボットが協調動作を行う場合，一連の動きの中から相手の意図や感性を抽出する必要がある．特に，子供や高齢者，障害者などの情報機器操作が得意ではない者を対象とする場合は，センシング系は非接触で実現する必要がある．

コンピュータによる処理を前提とすると，多様である感性の処理は，抽象表現と具象表現の関係を明示化する問題ともいえる．文字や図形は同じ題材や対象であっても感性によって表現方法は異なり，サッカーや野球などは視点によって観客の関心は異なる．逆に言えば，非言語的なパターン表現や多視点画像からの感性抽出の可能性を示唆している．どのような種類の画像の，どのパターン特徴か，また，どの区間・瞬間の画像に関心が向くかを解析し定式化・定量化することが重要である．

本研究では，多角的画像情報の協調的統合による視覚感性計測に関して研究を進め，ロボットシステムによる協調動作，多視点カメラ画像に基づく関心度・興味領域抽出法，モーションキャプチャによる動きの中からの感性抽出法の3つの関連システムについてソフトウェアモジュール開発を行った．

以下，2.ではロボットシステムによる協調動作の一実現方法について，小型サッカーロボット群によるパスプレーの実現を例に報告する．具体的には，協調動作アルゴリズム，ボールのキャッチメカニズムの動作解析を中心に関連事項を紹介する．3.では，多視点カメラ画像に基づく関心度・興味領域抽出法の確立について述べる．本稿では，十分に制御された小型ロボット群によるサッカーゲームを対象とし，サッカーフィールド全域を映すカメラ，局所領域を映すカメラなど，カメラの配置決定法について紹介する．最後に4.では，モーションキャプチャによる動きの中からの感性抽出の試みについて報告する．

2. ロボットシステムによる協調動作の実現

ロボカップ小型リーグでは、実機ロボットを用いてゲームを行う¹⁾⁻⁵⁾。パスプレーは単に得点の機会を増やすだけではなく、ロボット間の協調動作を実現する観点からも、その実現が期待されている。

ロバストなパスプレーを実現するためには、幾つかの技術要素がある。第一に、ソフトウェアの観点からは、ロボットの正確な位置・方向を検出する高精度な画像処理手法は欠かせない⁶⁾⁻¹⁰⁾。というのも、これらの情報を検出できない、あるいは、できたとしても時間がかかるようでは、決められた位置でボールを受け取ることができなくなるためである。第二に、相手ロボットに正確にボールを蹴り出すためには、ロボットの位置・方向制御アルゴリズムも重要である¹¹⁾⁻¹³⁾。第三に、高速で移動するボールを受け取るためには、キャッチ機構も必要である¹¹⁾⁻¹³⁾。本論文では、パスプレーを実現するための諸技術のうち、パスプレーを行う2台のロボットの制御アルゴリズム、および、あそびを持たせることにより保持率を高めたボールキャッチ機構について述べる。

2.1 協調動作アルゴリズム

筆者らのシステムが備える協調プレーには、例えば、パス、ディフェンス、アシスト、などがある。本稿では、紙面の制約により、パスプレーのアルゴリズム概要を説明する。パスの出し手と受け手のそれぞれのアルゴリズムは次のとおりである。

まず、変数、フラグを次のように定義する。パスの出し手と受け手のロボット中心を結ぶ線を $Line_A$ とする。また、出し手ロボットの前方に伸びる直線を $Line_B$ とする。そして、 $Line_A$ と $Line_B$ のなす角を θ とする。方向フラグ、安定フラグを各々、 Dir 、 $PassCounter$ とする。

[Initializing]

Step 1. もし θ が 20° より大きければ、回転速度 v_r を $v_r / 20 + \theta / 180 \times 9$ (cm/sec) とする。そうでなければ $v_r / 2$ (cm/sec) とする。回転を開始する。

Step 2. ドリブル機構を作動させる。

Step 3. もし $Line_A$ 上に障害物が存在するならば、障害物の中心が $Line_A$ のどちら側か計算する。もし、それが出し手ロボットから見て左側にあるならば、 Dir を 1 とする。そうでなければ、 Dir を -1 とする。もし、 $Line_A$ 上に何も障害物が無ければ、 Dir を 0 とする。

[Pass Algorithm]

Step 1. [Initializing] を行う。

Step 2. もし Dir が 0 でないならば、 $PassCounter$ を 0 とし、Step 5 へ。

Step 3. $Line_B$ に沿って 5 cm/sec で移動する。

Step 4. もし θ が 3° より小さく、かつ、ボールとパスの出し手ロボットの距離が 10cm より小さいならば、 $PassCounter$ を 1 増やす。もし、 $PassCounter$ が 20 より大きく、かつ、 θ が 1° より小さいならば、キック装置を起動させる。そして $PassCounter$ をリセットする。

Step 5. 次のタイムステップを待つ。そして Step 1 へ。

[Receive Algorithm]

Step 1. [Initializing] を行う。

Step 2. もし Dir が 0 でないなら、 $Line_B$ から $Dir - 70^\circ$ の方向へ、60 と 7 (ボールと $Line_A$ の間の距離) の小さい方の値 (cm/sec) で進む。

Step 3. 次のタイムステップを待つ．そしてStep 1へ．

2.2 ロボットメカニズム

2.2.1 ロボットメカニズムの概要

連携プレーを行うためには，メカニズムの面でも，移動，シュート，ドリブルなどの命令を確実に実行できる構造になっていなければならない．Figure 1に筆者らのロボットシステムを示す．ロボットは3つのオムニホイールを持ち，全方向に移動可能である．Figure 1(a)に示すように，3つのエンコーダー付きDCモータ（FAULHAVER）を用いている（2003-04モデルでは4つに変更）．ギア比は9.7:1である．キック装置にはソレノイドを利用している（Figure 1(b)）．最大約3m/secのシュートが可能である．カバーを外したFigure 1(b)に見られるように，ドリブルは回転ローラーを利用してボールにバックスピンを与えることによって実現している．

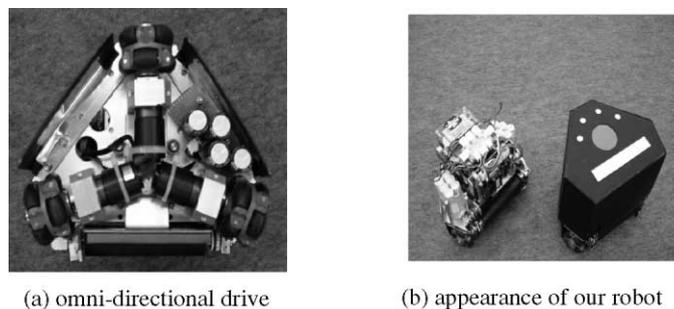


Figure 1: Our robot system

パスプレーを実現するためには，技術的に達成すべき2つの大きな課題がある．一つは，ロボットとボールの正確な位置・方向の検出である．もう一つは，ボール捕捉のための機械的な仕組みである．前者については，高速かつ高精度な画像処理システムによって解決している．後者については，ドリブル機構にショック吸収機構を組み込むことで解決している．コーネル大学のBigRedチームのように，スプリングを用いた方法は自然であるが，筆者らのチームでは別の簡単な手法で解決を図っている．

ドリブル装置は，Figure 1(b)に示すように，ロボットの前面に取り付けられている．ゴム製のローラーが回転し，ボールにバックスピンを与えることによりボールを引き付けている．ゴム製であるが，ローラーはボールを噛まない程度に硬い．硬過ぎるとボールは簡単に跳ね返ってしまう．そこでローラー取り付け部にあそびを持たせ，上方に僅かに動くようにしている．単純な機構であるが十分に衝撃を吸収できている．しかし，吸収の程度は床材にも依存するので，あそびの量は調節できるようにしておく必要がある．

2.2.2 キャッチ機構のモデリング

一般的に，衝撃吸収メカニズムをモデル化するためには様々な要因があり容易ではない．筆者らのシステムでは，ドリブル装置にあそびを持たせることによって衝撃を吸収している．このメカニズムを，次の3つの状態，すなわち，(a)衝突の瞬間，(b)定常状態になるまでの遷移過程，および，(c)定常状態，に分類してモデル化し，解析を試みた．

(a) 衝突の瞬間

Figure 2 に示す $X - Y$ 座標系において，ローラーとボールの中心を結ぶ線分と水平軸がなす角を θ ，ローラー，ボールの質量と各々の重心の速度を $m_R, m_B, v_{R,x}, v_{R,y}, v_{B,x}, v_{B,y}$ とする．また，ローラーとボールの衝突点に水平，垂直にとった $x - y$ ローカル座標系における $v_{R,x}$ と $v_{B,x}$ の成分を，各々， $(v_{R,x}, v_{R,y}), (v_{B,x}, v_{B,y})$ とする．

ローラーとボールの回転がない場合の衝突をモデル化すると，運動量保存則より， y -軸方向に，

$$v'_{B,y} - v'_{R,y} = -e_y (v_{B,y} - v_{R,y}) \quad (1)$$

$$m_B v_{B,y} + m_R v_{R,y} = m_B v'_{B,y} + m_R v'_{R,y} \quad (2)$$

が成り立つ．ここで， v' がついた変数は衝突後の値を表す． e_y は y -軸方向の跳ね返り係数

である． x -軸方向についても同様に，

$$v'_{B,x} - v'_{R,x} = e_x (v_{B,x} - v_{R,x}) \quad (3)$$

$$m_B v_{B,x} + m_R v_{R,x} = m_B v'_{B,x} + m_R v'_{R,x} \quad (4)$$

が得られる．これらは，ボールとローラーの衝突を質点と見なした場合のモデルである．

実際にはローラーもボールも回転しているので，角運動量についても考慮する必要がある．

そこで，慣性モーメントと角速度を各々 I_B, I_R とすると，角運動量保存則より，

$$I_B \omega_B + I_R \omega_R = I_B \omega'_B + I_R \omega'_R \quad (5)$$

が成り立ち，また，衝突点では，

$$r_B \omega_B = v_{B,x}, \quad r_R \omega_R = v_{R,x},$$

$$r_B \omega'_B = v'_{B,x}, \quad r_R \omega'_R = v'_{R,x} \quad (6)$$

となる．ここで， r_B, r_R は各々，ボールとローラーの半径である．ローラーはゴムでできた

円筒状なので，慣性モーメント I_R と I_B は， $I_R = \frac{1}{2} r_R^2 m_R, I_B = \frac{2}{5} r_B^2 m_B$ となる．

衝突の瞬間の $v'_{R,x}, v'_{R,y}, v'_{B,x}, v'_{B,y}$ の解は，式 (1) ~ (6) を解いて得られる．

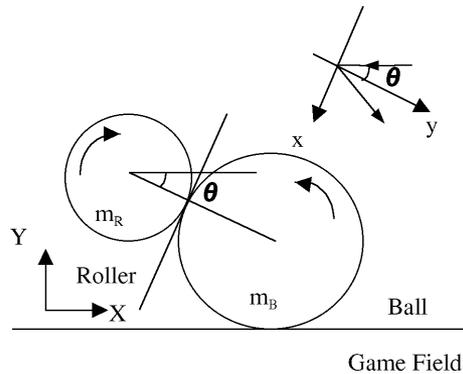


Figure 2: Physical situation at the impact

(b) 定常状態までの遷移過程

衝突の後，ボール（の重心位置）はFigure 3 に示したように反射を繰り返す．もし，定常状態になるまでの遷移過程において e_x が僅かしか変化しないならば，重心の動きのみを考慮すれば十分である．詳細な解析とモデル化は今後の課題であるが，もし， $x - y$ ローカル座標系において $e_x \cong e_y$ が成り立つならば，モデル化は容易である．

Figure 3 に示すように、反射する角度は $\theta, 2\theta, 3\theta, \dots, n\theta, \dots$ のように跳ね返る毎に増える。n 回の反射の後に $\pi/2$ を超え、ボールはもと来た方向に戻ることになる。Figure 4 は $\theta = \pi/4$ の場合である。このときは、ボールは短時間の間に跳ね返り、もしローラーが衝撃を吸収するために図の矢印で記した方向に動けば、定常状態に移るまでの遷移過程において角度関係は保たれる。

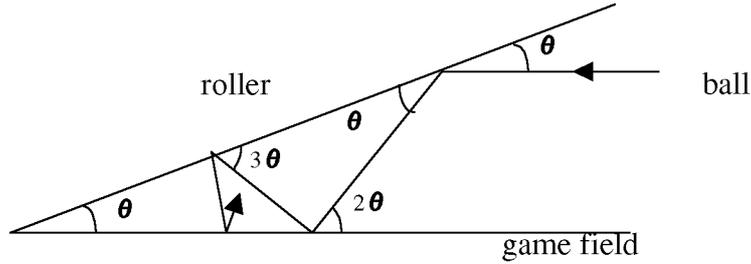


Figure 3: Reflections of ball in the transition

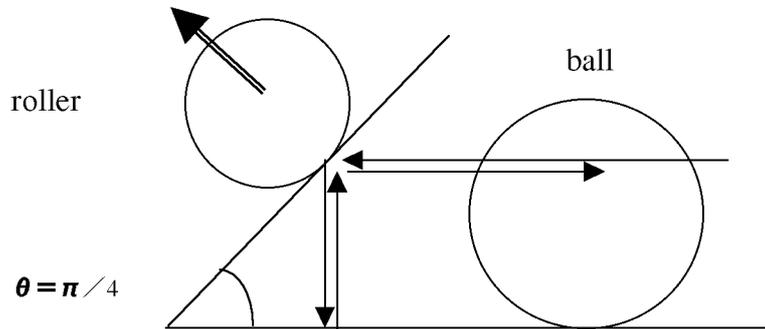


Figure 4: An example of shock absorption at $\theta = \pi/4$

(c) 定常状態のモデリング

Figure 5 に示すように、垂直抗力を N_B, N_R 、動摩擦係数を μ_1, μ_2 とすると、ボールの運動方程式は、

$$\text{X-direction: } -\mu_1 N_B + N_R \cos \theta - \mu_2 N_B \sin \theta = 0 \quad (7)$$

$$\text{Y-direction: } N_B - m_B g - N_R \sin \theta - \mu_2 N_R \cos \theta = 0 \quad (8)$$

となる。式(7)、(8)を解くと、 N_B, N_R は次のように得られる。

$$N_R = \frac{\mu_1 m_B g}{-(\mu_1 + \mu_2) \sin \theta + (1 - \mu_1 \mu_2) \cos \theta} \quad (9)$$

$$N_B = \frac{(\cos \theta - \mu_2 \sin \theta) m_B g}{-(\mu_1 + \mu_2) \sin \theta + (1 - \mu_1 \mu_2) \cos \theta} \quad (10)$$

したがって、ボールのバックスピンによる力 f は、

$$\begin{aligned} f &= \mu_1 N_B = \frac{\mu_1 (\cos \theta - \mu_2 \sin \theta) m_B g}{-(\mu_1 + \mu_2) \sin \theta + (1 - \mu_1 \mu_2) \cos \theta} \\ &= \frac{\mu_1 (1 - \mu_2 \tan \theta) m_B g}{1 - \mu_1 \mu_2 - (\mu_1 + \mu_2) \tan \theta} \quad (11) \end{aligned}$$

となり, $\frac{\partial f}{\partial \theta} > 0$ および $f|_{\theta=0} > 0$ より, θ が大きくなるにつれて, より大きな力 f が得られることが分かる.

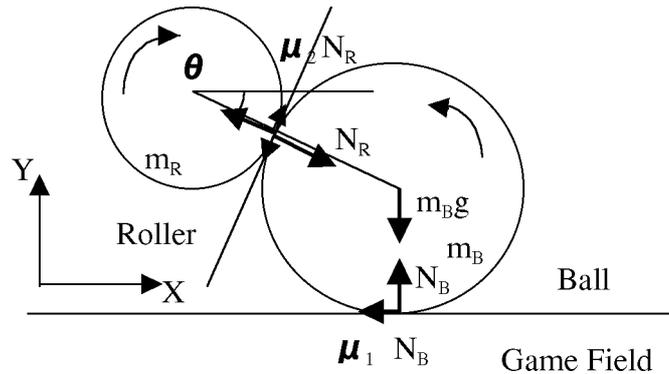


Figure 5: Stable model by dribbling device

3. 多視点カメラ画像に基づく関心度・興味領域抽出法

本章では, Figure 6 に示すようなロボカップ小型リーグのためのマルチカメラシステムのカメラ台数, および配置の「適切さ」を決定する方法について述べる. 具体的には, 十分に制御された小型ロボット群によるサッカーゲームを対象とし, サッカーフィールド全域を映すカメラ, Figure 7 に示すような局所領域を映すカメラなど, カメラの配置決定法について述べる.

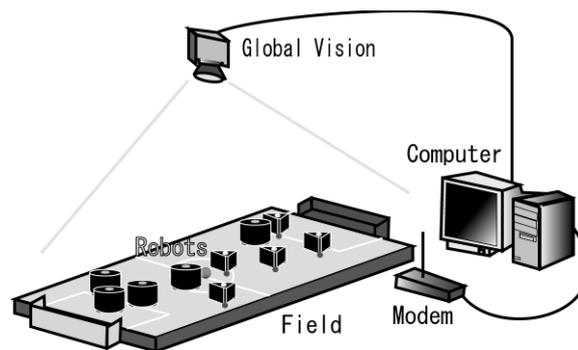


Figure 6: Overview small-size robot system

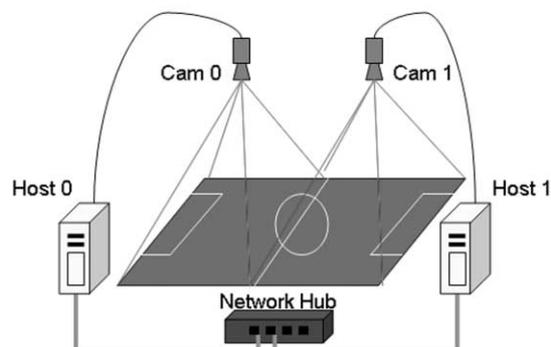


Figure 7: An example of multi-camera system

3.1 カメラ台数の決定法

複数のカメラからの入力を用いるシステムは、複数のPCをLANによって接続して構成する。これは、1台のPCで複数の画像処理を行うと、処理遅れによって60fpsでのリアルタイム処理を実現できなくなってしまうためである。そのため、システムの構成方法として、カメラ1台に対してPCを1台割り当て、それを「クライアント」システムとする。各クライアントはそれぞれのCPUで画像処理を行い、処理結果であるオブジェクトの座標、ID、角度、などの情報をネットワークに送信する。「サーバ」システムは、クライアントシステムから送信された情報の受信、統合を行い、その情報を基に、システム流れにおいて画像処理よりも下流の処理である戦略や経路の生成、無線の送信などを行う。ここで、ネットワークの帯域は有限であるため、クライアントシステムの台数をこのまま増やし続ければ、やがて帯域を使い果たしてしまいデータの送信に遅れが生じる。接続しているネットワーク上で送受信が可能なデータ量を N 、各クライアントシステムが出力する最大のデータ量を d とおけば、設置できる最大のカメラ台数 S は $S=d/N$ となる。

各クライアントシステムは、従来からの画像処理システムを用いる。それによって、画像処理の精度や速度の利点があるまま利用できる。しかし、この方法には2つの問題がある。

client	(a)Max size/frame[Kbyte]	(b)through time/frame[mSec]
1	213.33	16.67
2	106.67	8.33
3	71.11	5.56
4	53.33	4.17
5	42.67	3.33
6	35.56	2.78
7	30.48	2.38
8	26.67	2.08

Table 1: Network throughput which needed for non-loss send/receive on 100Base-TX network

一つは処理速度による問題で、データの送信元である各クライアントシステムの画像処理は60fpsで動作する。これに同期して、データを受け取る側のサーバシステムはすべてのクライアントシステムから60fpsで送信されるデータを全て受信し、構成・統合を行える性能が要求される(Table 1)。マルチカメラシステムは、ソフトウェア、ハードウェアともにこの性能要求を満たしている必要がある。特にソフトウェアのパフォーマンスによって全体の性能に大きく差が出るため、データ受信専用のスレッドを使用して処理の高速化を図る。

もう一つの問題は、データ量の問題である。ネットワークの帯域は有限であるため、システムが時系列で同時に送ることのできるデータ量には上限がある。さらに、クライアント数に応じて1フレームごとに送ることが可能なデータ量は減少する。この問題に対処するためには、1クライアントが送信するデータ量のパラメータを厳密に計算し、送信データを構成しなければならない。送信データを構成する前段階の処理として、1クライアントが送信可能なデータの量を測定するために、実際に使用するクライアントシステムとサーバシステムを接続した後に、データ量のキャリブレーションを実行する。このキャリブレーションの手順を以下に示す。

- Step 1. 接続された全クライアントシステムを60fpsで同期させる．
- Step 2. 全クライアントからデータ量 i でダミーデータの送出手を行う．
- Step 3. サーバシステムはそのデータを全て受け取り1秒の間に全てのクライアントから60フレーム分のダミーデータを受信しているか確認する．
- Step 4. 全データ受信に成功していれば，データ量 i を増やしてStep 2へ．失敗していればデータ量 i 以下になるようにシステムを設定してキャリブレーションを終了する．

このキャリブレーションを行うことによって，送信が想定される情報量をマルチカメラシステムが実際に処理可能かどうかを確認することができる．クライアントシステムは，このキャリブレーションによって求めたデータ量 i を超えない範囲で，送信するデータ量を調整すればよい．さらに，画像処理の状況から送信するデータを動的に決める方法を適用する．

3.2 カメラ配置の決定法

3.2.1 物理的なカメラの配置

カメラは，取り付けの高さに制約はあるが，基本的に取り付け可能な場所であれば，任意の場所に取り付けることができる．カメラ配置として考えられるのは，フィールド全体を覆うように同じ性能のカメラを配置する方法，高分解能の必要な部分（ゴール付近など）に重点的にするカメラを配置する方法，高分解能が必要な領域については高い解像度を持つカメラを配置する方法などがあげられる．しかし，先に述べたとおり，ネットワークの負荷状態などを考慮する場合，領域が重複すると部分領域の統合が必要となる．ロボカップ小型リーグの画像処理の対象となる物体は，各チーム5台のロボット，1つのボールの11オブジェクトである．小型リーグのためのマルチカメラシステムにおいて，各クライアントのカメラが撮影する部分領域に11オブジェクト全てが撮影される可能性は低い(Figure 8)ため，3. で述べた各クライアントが送出する情報量がクライアントから送出できる最大の情報量 N を超える確率は低いと考えて良い．そこで，3.2で述べた S 台のクライアントシステムのカメラがフィールドの最大面積をカバーするようにレイアウトを行った．

3.2.2 仮想的なカメラの配置

クライアントシステムによって送信されるデータは，各オブジェクトの座標，ID，角度などをチャンク化したものである．まず，サーバシステムは各クライアントの現在の認識状況情報を保持する．各クライアントシステムは，画像処理後すぐに，画像処理システムが保持しているオブジェクト認識の履歴情報を送る¹⁴⁾⁻¹⁵⁾．また，現フレームのオブジェクト認識の情報に差が発生した場合 - つまり，Figure 9のように見えていたオブジェクトが撮影領域から見えなくなったような状態 - に，サーバの保持している認識状況情報を更新するためのデータをサーバに送信する．その後，クライアントシステムは，現フレームで認識されているオブジェクトの情報のみを送信するようにチャンクを再構成して，ネットワークに送信するデータ量を動的に制御する(Figure 10)．サーバは，クライアントからの認識状況情報の更新に基づいてフィールド全体の情報を復元し，処理を行う．これによって，クライアントに応じてネットワークを流れるデータの量が劇的に増加することがなくなる．このことを利用して，Figure 11のように，多数のクライアントを想定した場合，画像処理の状況に応じて広範囲の情報を得る際には使用しなくてもよいカメラの分だけ情報の削減ができ，大量の情報を効率よく利用できる．

3.2.3 有効性の検証

提案手法の有効性を確かめるため、複数のコンピュータをネットワークに接続し、実験を行った。ネットワークは100Base/TXのEthernetで構成し、1台をサーバ、残りをクライアントとした。TCP/IPを用い、UDPを利用した独自設計のプロトコルでクライアントサーバシステム間の通信を行った。この環境で、クライアントが、(1) 11オブジェクト全て見えていると仮定してサーバにデータを送信する場合、(2) 11オブジェクトのうち見えているオブジェクト数をランダムに決めサーバに送信する場合のそれぞれについて10000フレーム送信したとき、サーバが受け取った1フレームあたりのデータ量と処理時間の平均を調べた。このクライアントとして参加するコンピュータを1台から4台に変えて実験を行った。

実環境において、各クライアントが撮影する部分領域が他のクライアントが撮影する部分領域と重なることがないと仮定した場合、クライアントからサーバに送信されるオブジェクトのデータ数は最大で11であり、クライアントの台数が実験環境より増やした場合、この方法の有効性がさらに上がることが確認できた¹⁶⁾。

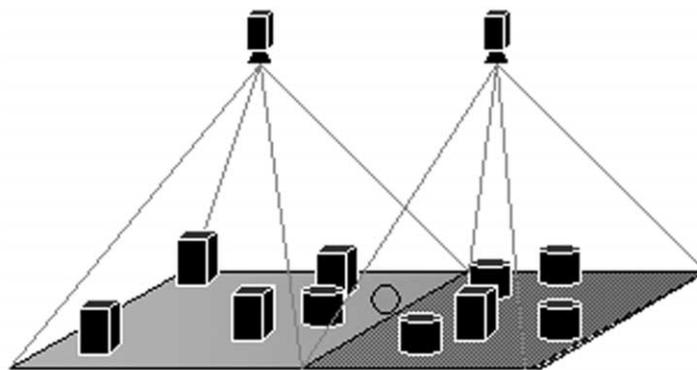


Figure 8: Objects doesn't gather in one region (Example:2 cameras system)

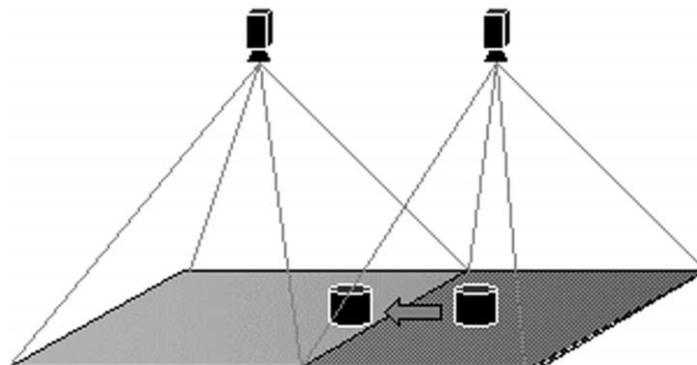


Figure 9 : Robot moves to another region

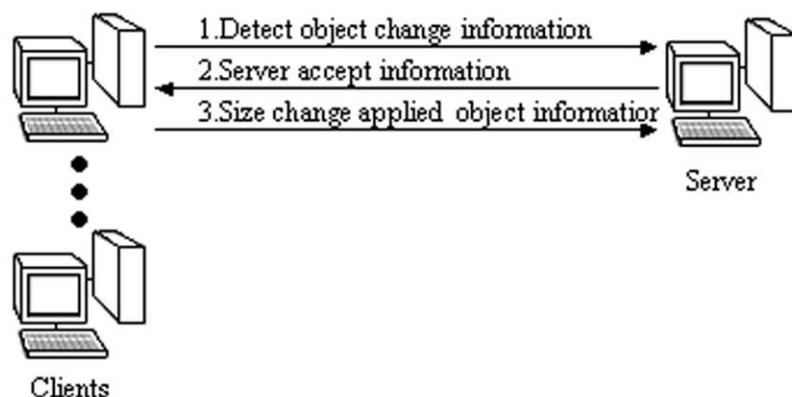


Figure 10 : Detail of client and server data size detection

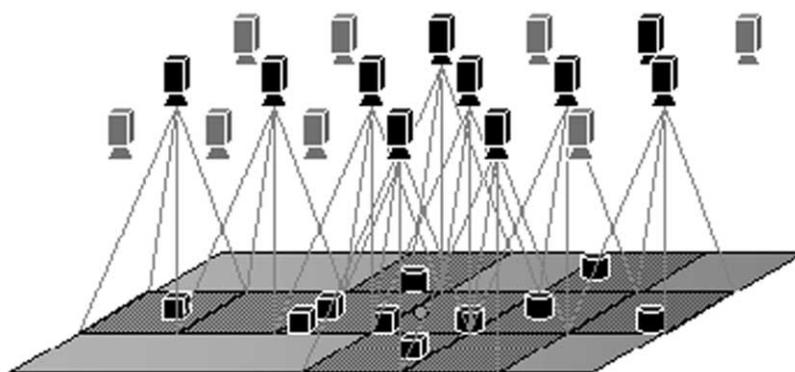


Figure 11: Virtual and dynamic layout of multi-camera

4. モーションキャプチャによる動きの中からの感性抽出法

モーションキャプチャシステムを使用して複数人物の動きを同時に計測する場合など、体の表面に貼り付けたマーカが隠蔽されてデータ取得に失敗することがある。本研究では、撮影条件を変えて撮影した複数回の計測データから対応する部分を探索し、その部分を正規化して補うことにより、隠蔽されたデータを補完する方法を考案した。専門家による看護動作のデータに適用し、提案手法の有効性を検討した¹⁷⁾。

4.1 単純な補完方式の利用性の検討

撮影時に欠落が生じたデータに対する補完手法として、比較的単純なリニア補完とキュービック補完がある。リニア補完は欠落部分を直線で補完するものであり、リニア補完によって修正された動きを実際の3Dアニメーション上で確認すると等速直線運動となっており、人間の動きに適用した場合、不自然な動きが再生される場合が多い。キュービック補完は、欠落した部分の近傍データを使って多項式で近似した曲線で補完するものであるが、キュービック補完でも実際に適用した場合は不自然な動きとなってしまうことが多い。これは、マーカ間の距離に制限を加えないと物理的にあり得ない距離となり、見た目では不自然な動きとなるためである。例えば、手首のマーカと肘のマーカについては肘を曲げ伸ばしした際に生じるこの二つのマーカ間における距離の変化は、あっても数センチといったところであるが、この運動をキャプチャして手首にあるマーカのデータをあえて削除し、キュービック補完を行うと、手首があり得ない長

さまで伸びるといふことが起きてしまう．従って，リニア補完，キュービック補完は微小な時間（むしろ瞬間といふべきか）の補完，もしくは，欠落している間，まったく動きのなかったマーカーに適用するべきものである．

4.2 隠蔽されているデータの補完

本稿で提案する手法の基本的な考え方は，隠蔽によって消失してしまったデータを同じ動きをしていると推測される別のデータを用いて補完を行う，ということである．この補完を行うにあたり，タイムスケールの違い，体の位置関係の違いによる補正・正規化を行った．同じ人間が同じ動きをしたとしても，必ずしも同じ時間・タイミングでその動きをできるとは限らない．むしろ，かなり難しい話である．ここで，Figure 12に示すように，動きの撮影に成功し，補完に用いるデータをA，動きの撮影に失敗し補完が必要なデータをBとする．A，Bの時間 t におけるグラフ上の点を $A(t)$ ， $B(t)$ とする．Bにおけるデータの欠落の開始時間を t_{B0} ，欠落から回復した時間を t_{Bm} とし，これに対応する補完に使う最初の点を t_{A0} ，終了点を t_{An} ，そして，その間にある t の標本点を $t=1, 2, \dots, n-1$ ，それに対応するBの点を t_{Bj} ($j=1, 2, \dots, m-1$)とする．また，キャプチャ時の1秒あたりのフレーム数(フレームレート)を f [fps]とする．

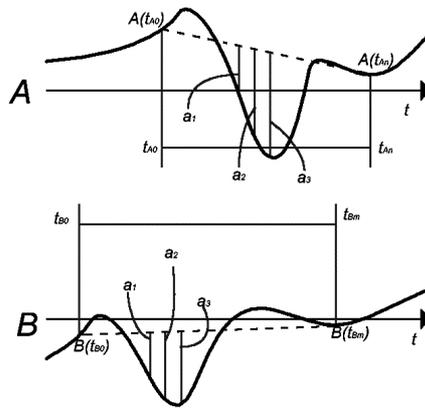


Figure 12: A pictorial view of the proposed method

Step 1.

モーションキャプチャデータは離散的なデータであるため，Bにおいて標本点 t_{Bj} に近い連続的な値 t_{Ai}' を，
$$t_{Ai}' = \frac{t_{An} - t_{A0}}{t_{Bm} - t_{B0}} \cdot t_{Bj} + t_{A0}$$
を用いて計算した．次に， $i' = \frac{t_{Ai}' - t_{A0}}{f}$ によって計算した i' を小数点第一位で四捨五入し，整数値にして使用した．そして， $t_{Ai} = i' \cdot \frac{1}{f} + t_{A0}$ から求められた t_{Ai} を次のStep2で使用した．

Step 2.

t_{Bj} が与える $B(t_{Bj})$ を算出する．これは直線 $A(t_{A0}) - A(t_{An})$ （補完に使用する区間の開始点と終了点を結んでできる直線）とStep 1で求めた t_{Ai} が与える曲線A上の点 $A(t_{Ai})$ との縦軸方向の距離を a_i とするならば，直線 $B(t_{B0}) - B(t_{Bm})$ 上の $t=t_{Bj}$ 時の点から縦軸方向に a_i だけ移動した点が求める点となっている．

4.3 看護動作解析への適用

上述した手法を看護動作解析に適用した．隠蔽データを取りあえず補完することはできたが，提案手法の良否については，欠落部分を補完したデータを目視して評価しているところである．

5. まとめ

本稿では，ロボットシステムによる協調動作，そのシーンを利用した多視点カメラ画像に基づく関心度・興味領域抽出法，および，モーションキャプチャによる身体動作の中からの感性抽出法の3つの関連システムについて述べた．まず，関心領域を計測するためのロボットシステムに対して，パスプレーや協調ディフェンスなどの協調動作を実現した．本稿では，具体的な協調動作アルゴリズム，ボールのキャッチメカニズムの動作解析を中心に述べた．次に，多視点カメラ画像に基づく関心度・興味領域抽出法の確立については，マルチカメラシステムにおいて，画像処理の状況に応じてネットワークに流れるデータの量を動的に制御する方法について述べた．この方法で，カメラを増やすことによって，有限であるネットワークの帯域を減らすことなくシステムを構成できた．最後に，モーションキャプチャによる動きの感性情報抽出のための隠蔽マーカ補完の一手法について述べた．

筆者らは，上述した方法を用いたマルチカメラシステムで，ポルトガルのリスボンで開催される2004年のロボカップ小型リーグに出場する予定である．現在，筆者らは，サーバで受信したデータの構成・統合方法についての検討を進めている．マルチカメラシステムは，カメラを複数使うことによって実現するため，各クライアントのカメラの校正方法やデータの統合の方法は高いロバスト性と精度が求められる．さらに，広くなったフィールドに対応した戦略，戦術，経路生成手法などの他のソフトウェア的な改良なども今後の課題である．

参考文献

- 1) <http://www.robocup2002.org/>
- 2) M.Veloso, E.Pagello, and H.Kitano (Eds.) : "RoboCup-99 : Robot Soccer World Cup ", Springer (June 2000).
- 3) P.Stone, T.Balch and G.Kraetzschmar (Eds.) : "RoboCup 2000: Robot Soccer World Cup ", Springer (March 2000).
- 4) A.Brik, S.Coradeschi, and S.Tadokoro (Eds.) : "RoboCup 2001: Robot Soccer World Cup ", Springer (March 2002).
- 5) G.A.Kaminka, P.U.Lima and R.Rojas (Eds.) : "RoboCup 2002: Robot Soccer World Cup ", The 2002 International RoboCup Symposium Pre-Proceedings, Fukuoka, (June 2002).
- 6) S.Hibino, Y.Kodama, T.Iida, K.Kato, S.Kondo, K.Murakami, and T.Naruse : "System configuration of RoboDragons team in RoboCup small size league", Proc. of SI2002, Kobe, (Dec.2002).
- 7) Y.Kodama, S.Hibino, K.Murakami, and T.Naruse : "Small Robot Detection by Using Image Processing and its Application to Action Planning and Action Analysis", Proc.of MIRU2002, Vol.1, pp.223-228, Nagoya, (July 2002).
- 8) S.Hibino, Y.Kodama, Y.Nagasaka, T.Takahashi, K.Murakami, and T.Naruse : "Fast image

- processing and flexible path generation system for RoboCup small size league", The 2002 International RoboCup Symposium Pre-Proceedings, pp.45-57, Fukuoka, (June 2002).
- 9) Bruce, J., Balch, T. and Veloso, M.: "Fast and Inexpensive Color Image Segmentation for Interactive Robots", Proc. of IROS '00, pp. 2061-2066 (2000).
 - 10) Hibino, S., Kodama, Y., Nagasaka, Y., Takahashi, T., Murakami, K. and Naruse, T., Fast image processing and flexible path generation system for RoboCup small size league, Springer , In Lecture note in Artificial Intelligence RoboCup 2002: Robot Soccer World Cup VI, pp.53-65, 2003.7.
 - 11) Murakami, K., Hibino, S., Kodama, Y., Iida, T., Katoh, K. and Naruse, T., Cooperative Soccer Play by Real Small- Size Robot, Proc. of the 2003 International RoboCup Symposium, CD-ROM Proceedings No.96 (12pages), Padova/Italy, 2003.7.
 - 12) Naruse, T., Hibino, S., Kodama, Y., Iida, T., Katoh, K. and Murakami, K., RoboDragons team description, Proc. of the 2003 International RoboCup Symposium, CD-ROM Proceedings (4pages), Padova/Italy, 2003.7.
 - 13) 村上 和人, 日比野 晋也, 児玉 幸治, 加藤 恭佑, 鈴木 英之, 山本 浩司, 成瀬 正: " ロボカップ小型リーグにおける協調プレー実現の一手法について ", 人工知能学会 第17回SIG-Challenge研究会, pp.47-52, 朱鷺メッセ(新潟), 2003.5.
 - 14) 日比野 晋也, 児玉 幸治, 加藤 恭佑, 鈴木 英之, 山本 浩司, 村上 和人, 成瀬 正: ロボカップのための小型ロボットの高機能化について, 画像電子学会 第202回研究会資料03 - 01 - 06, pp.36 - 41, 名古屋大学(名古屋), 2003.5.
 - 15) 村上和人, 成瀬 正: " ロボカップのための高速・高精度なロボット検出法について ", 映像情報メディア学会 メディア工学研究会, Vol.27, No.35, pp.5-8, 新潟大学(新潟), 2003.6.
 - 16) 加藤恭佑, 日比野晋也, 村上和人, 成瀬 正:"ロボカップのためのマルチカメラレイアウトについての一考察", 第10回画像センシングシンポジウム講演論文集, F-32, pp.445-450, パシフィコ横浜, 2004.6.
 - 17) 森田義久, 村上和人:"モーションキャプチャによる人間の動作の測定とデータ補完の一手法について", 第10回画像センシングシンポジウム講演論文集, F-33, pp.451-454, パシフィコ横浜, 2004.6.