

Institute for Advanced Studies in Artificial Intelligence

1998.10

IASAI News

中京大学 人工知能高等研究所
ニュース

発行人：中京大学人工知能高等研究所
運営委員会（発行年 2 回）

住 所：〒 470-0393 豊田市貝津町床立 101

Tel 0565-45-0971 Fax 0565-46-1296

<http://www.chukyo-u.ac.jp/univ/center/airc/index.html>



〈表紙解説〉

人とコンピュータの知的対話の実現から生まれるイメージは人の創造活動を鼓舞する重要な思考形態の一つである。

ここでは、ミクロな世界—分子の世界—をイメージしてみよう。原子が集まって分子を構成したり、分解したりする現象は化学反応と呼ばれる。この現象は電荷分布の「偏り」として捉える事で反応のメカニズムを説明し、予測することが出来る。

赤、黄、青、黒、緑の球で原子を表す。原子は核とこれを取りまくいくつかの電子からなる。この球の中心には原子核があり、濃密なプラスの電荷を帯びている。球の外側にはマイナスの電荷を帯びた電子が運動して、その存在確率がふんわりとした雲のような形で分布し、核のプラス電荷を包み込む。このため分子のまわりには、電荷分布の偏りが生ずる。分子のまわりに漂うマイナスイオンは、左右に大きく伸びた赤い線に沿って分子に突進する。黒で示された原子の部位を激しく攻撃し結合を切る。一方内部に閉じて玉ねぎのようにになっている領域は、外部から攻撃を受けないことが読み取れる。

表紙の図は、23個の原子からなるグリシン・グリシンエステルの金属錯体の加水分解反応について、量子化学的数値計算を行い、得られた電荷分布、静電ポテンシャルを用いて、「電気力線」を図示したものである。大規模数値情報のビジュアル化が洞察力支援の可能性を提供してくれる。

(情報科学部 情報科学科 秦野やす世)

| | | |
|----------|--------------------------|----|
| ■ 巻頭言 | 産学共同 | 1 |
| ■ 研究動向紹介 | 画像補間技術の研究紹介 | 2 |
| ■ 研究動向紹介 | サッカー映像からのチームワーク解析システムの開発 | 4 |
| ■ 研究動向紹介 | 白井ゼミ、幼児言語研究グループ(ここプロ)の紹介 | 13 |
| ■ 会議報告 | 「公開講座」ソフトサイエンスシリーズ第14回 | 16 |
| ■ トピックス | 平成10年度コロキウムリスト／研究所施設見学 | 18 |
| | 私立大学ハイテク・リサーチ・センター活動開始 | 19 |
| ■ 編集後記 | | |

● 巻頭言



山田 博 (中京大学 情報科学部 情報科学科)

今年(1998年)の夏は7月初めに暑く、この分ではどんなに暑い夏になるのかと
思っていたら、梅雨前線が何時までも本州付近に停滞し、東北地方では遂に梅雨明
け宣言がでないまま夏が終わることになりました。台風4号も異常なほどののろの
ろと進み、おかげで関東地方北部や福島では大洪水になりました。

これらの異常気象の原因はエルニーニョのせいとも、地球温暖化のせいとも言わ
れていますが、はっきりした原因は分かっていません。おそらく気象庁のスーパ
ーコンピュータも予測できなかったと思います。なにか人間の無力さと自然の偉大
さを思い知らされた感じがします。

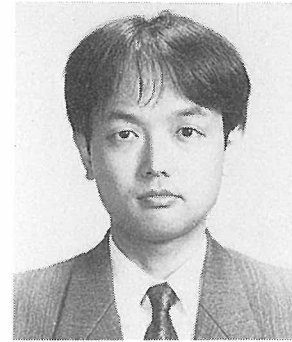
しかし、これで自然への理解を諦める訳にはいきません。むしろやらなければな
らないこよがまだまだ山程あることに思いをいたして、さらに勇を鼓して自然への
挑戦を続けるべきです。その際、コンピュータや人工知能が重要な道具になること
は間違い無いでしょう。それに伴って‘人工知能高等研究所’の役割もますます重
要になってきます。皆様方の更なる活躍を期待するものです。

● 研究動向紹介

画像補間技術の研究紹介

富士通研究所 中京サテライトラボ

遠藤 利生



1. はじめに

マルチメディアの進展に伴って、よりリアルな映像を生成できる技術の必要性が高まっている。我々は、自然画像を素材とすることでリアルな映像を生成できるシステムMultiViewを開発した。具体的には、1つの物体を複数の方向から撮影し、それからその物体の3次元形状をコンピュータで計算して画面に表示することができる。計算された3次元形状を利用して、実際に撮影した方向だけでなく、利用者が望む任意の方向から見た絵を表示させることができる。見る方向はマウスなどで指定する。見る方向を徐々に変えていくことにより画面の中で物体を回転させることもできる。

従来から、コンピュータグラフィックスによって物体の3次元形状を人工的に作成して絵を表示する技術が用いられているが、絵のリアルさがやや劣る問題がある。絵のリアルさを追求する場合には、物体を非常に多数の方向から撮影してそれらをすべて記憶しておき、利用者の要求に応じてそれらの一つを表示する方法などが用いられている。しかし、この方法は非常に多くのデータを必要とするので、インターネットでのデータ流通やパソコンでの実行には適していない。

また、撮影された多視点画像から一旦物体の3次元形状を復元し、その後物体表面の模様を張りつけるテクスチャマッピング処理を施す方式も用いられているが、この方式には次のような問題がある。復元された3次元形状には誤差が避けられないが、誤差が含まれているとそれを画面に表示したときにその模様が実際に撮影した画像とずれてしまい画像品質が劣化する。例えば、利用者が指定した視点が撮影された視点のどれか1つと一致する場合でも、表示される画像はそこで撮影された画像と一致しない。MultiViewはこの問題点を解決したものである。

2. 補間に基づく映像生成

MultiViewでは、リアルさを保ったままデータ量を削減するために、物体の3次元形状についての情報に基づき、少数個の方向から撮影した画像の間を滑らかに補間することで任意の方向からの画像を生成する。特徴点の対応付けと3次元形状の計算を同時に行う「3次元直接推定方式」によって、従来よりも正確な3次元形状の計算を可能にしている。また、3次元形状よりも撮影画像を優先し、指定された視点に応じて画像を切り換える「3次元誤差相殺方式」によって、たとえ計算した3次元形状に誤差が含まれていても表示画像にはその誤差があまり影響しないように工夫した。具体的には、指定された視点に応じて複数の撮影画像の中から最も近い2枚を選び、それらを補間して表示画像を生成する。これにより、指定された視点が撮影された視点のどれか1つと一致する場合には、その表示画像がそこの撮影画像と完全に一致することが保証され、リアルな画像が表示できる。

3. システム構成

開発したシステムの構成を図1に示す。家庭用のビデオカメラとコンピュータ制御可能な回転台とワークステーション（WS）から構成されている。撮影は、自動的に行なわれる。MultiViewの中で、3次元形状を計算する部分をMultiView Organizer、映像を合成する部分をMultiView Playerと呼ぶ。

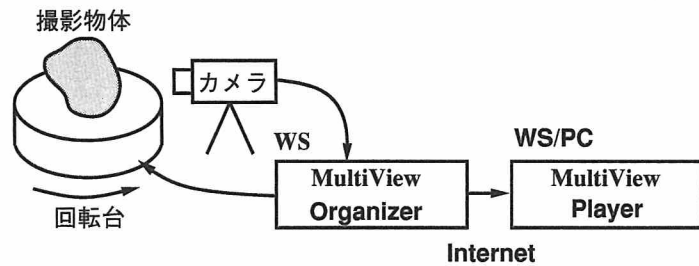


図1 システム構成

開発したシステムは、物体を回転台に載せて撮影し、撮影された画像から等間隔に10枚程度の画像を選び、それらを記憶するだけで任意の水平方向から見たリアルな画像を表示することができるので、水平方向に4度刻みで撮影してそれらをすべて記憶する従来方式と比較して、9分の1のデータ量で済む。例えば、図2に示した320x240の無圧縮のカラー画像の場合に必要なデータ量はそれぞれ20.7MBと2.3MBである。

本システムは、様々な方向から美術品を鑑賞できる電子美術館や、インターネットを使ったカタログが動く電子ショッピングなど様々な応用が期待される。

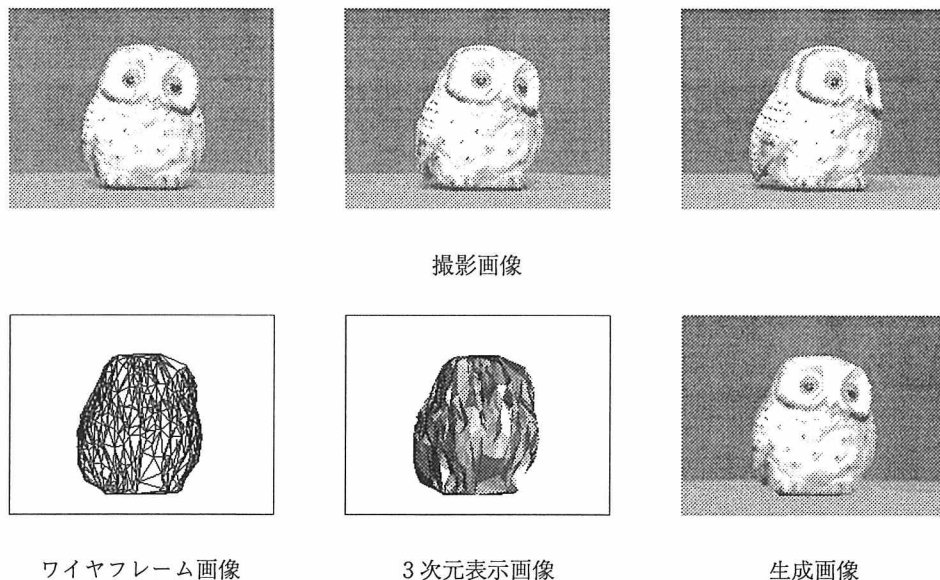


図2 処理例

4. 今後の展開

撮影時に回転台を必要とすることは撮影対象に対する制約となる。今後は、回転台を必要としないようにアルゴリズムを改良する予定である。

【参考文献】

- [1] 遠藤利生、後藤 誠、鳥生 隆：多視点画像を基にした任意視点画像の補間生成手法、情報処理学会CVIM研究会資料、96-CVIM-102, pp.1-8, Nov., 1996.

● 研究動向紹介

サッカー映像からの チームワーク解析システムの開発

中京大学 大学院 情報科学研究科

瀧 剛志



1. まえがき

近年、動画をを用いた人間の動作計測や行動理解の試みが活発化している [1]。これは、人間とそれを取り巻く環境の相互作用を評価するための基礎となるばかりではなく、現実世界と仮想世界を結びつけるための重要なセンシング技術の一つでもある。

人間の運動・行動解析において、個人の動きはもちろん重要な対象であるが、一方では多くの人間による意図的あるいは協調的な集団行動も重要な解析対象になる。例えば、スポーツ競技における集団行動の解析は、チームの戦略や戦術の分析、あるいは選手のトレーニングために非常に重要である。しかし、実際のゲームシーンの分析は一般に手作業で行なわれているため、多くの時間と労力を必要とする。また、人によって評価の内容や基準が異なるため、定量的な評価が得られにくい。そのため、コンピュータによる支援システムの開発が強く望まれている。

このような背景から我々の研究室では、サッカーというスポーツを例にとり、そのチームワークの定量的評価を目的とした動画解析システムの開発を進めてきた [2, 3]。これまでに、チームスポーツを対象にした動画解析の研究はいくつか行なわれているが [4-6]、そのほとんどは球技スポーツのテレビ中継の映像を利用している。しかし、映像が断続的で、局所的なシーンが大半を占めるテレビ中継の映像ではチームの技術的特徴や集団の中での選手個人の能力を分析するには限界がある。なぜなら、例えば、球技スポーツにおいては、ボールをもっている選手はもちろん、もっていない選手の動きも重要になるからである。そこで本研究では、テレビ中継の映像ではなく、複数の固定カメラでサッカーフィールド全体をカバーするように撮影した映像を用いる。

以下、本文では実現しようとするシステムの概要を述べ、チームワーク評価に必要なフィールド上のすべての選手の動きを再現する手順を述べる。また、チームワークを定量的に評価するための新しい特徴量を示しその有効性を示す。

2. システムの概要

本システムへの入力、複数台の固定カメラで同時撮影されたフィールド全域のゲーム映像とする。システムは、まず映像から静止物体および動物体を抽出する。次に、得られた画像上の物体の位置を対応するフィールド上の位置に変換し、同時に2台以上のカメラに重複して映る同一物体を統合する。最後に、統合された結果を用いて個々の選手の動きの計測、およびチームワークの定量的な評価を行う、また、得られたフィールド全体の選手の動きや評価結果等をアニメーションで可視化する。

3. 物体抽出

ここでは、各カメラ映像に対する静止物体および動物体の抽出方法について述べる。

3.1 静止物体の抽出方法

静止物体には、フィールド上のライン、ゴールポスト、コーナーフラッグ、観客席などが含まれる。これらの抽出はカメラが固定されているため比較的容易である。基本的には、しきい値処理および適当な直線検出方法を用いて抽出し、その結果をサッカーに関するルールや競技場に関する事前知識を利用して補正する。また、カメラのぶれによるわずかな位置の変動は時間軸方向の平滑化でほとんど吸収できる。

3.2 動物体の抽出、追跡方法

抽出すべき動物体には、選手、ボール、審判がある。ここでは、フィールド上の選手および審判の抽出、追跡方法を示す。時間的に形を変化させながら移動する複数物体の抽出、追跡に関しては種々の方法が提案されているが、ここではテンプレートマッチングを用いた比較的単純な方法を用いる。具体的な手順は以下の通りである。

- (1) 初期フレームに対して、各選手の形状があまり変化しない胴体部分とその選手の初期テンプレートとして切り出す。このとき、テンプレートの中心位置をその選手の重心位置とみなす。
- (2) 現フレームの選手の重心位置を基準にして次フレームにおける探索範囲を決定する。
- (3) 相関係数によるテンプレートマッチングで対応点を探索する。
- (4) 得られた対応点を中心として新しいテンプレートを切り出す。
- (5) 各テンプレート間の距離を用いてオクルージョンの判定を行う。オクルージョンが発生すると、隠される側の選手については、その直前のテンプレートが記憶され、その後は隠す側の選手と一体とみなして追跡を行う。オクルージョンが解消されたときは、記憶していたテンプレートを呼び出し、隠されていた選手の追跡を再開する。
- (6) 全フレームの処理が終わるまで上記(2)から(5)を繰り返す。但し選手が画面の外へ出た場合には、その選手については追跡を終了する。一方、選手が新たに画面の中に入ってきた場合には、その選手についてのみ上記ステップ1から始めなければならない。この問題は後述するカメラ間の統合時に、隣り合うカメラ同士が追跡の制御を受け渡せるようにすれば解決できる。

このようにして得られた対応点の軌跡を、時間軸方向に平滑化したものをその選手の重心位置の最終的な追跡結果とする。但し、選手が倒れたり、他の選手と交差するなどして抽出が大きく失敗した部分は対話的な修正を加える。

4. 動きの復元と統合

ここでは、個々のカメラから得られた選手の動き情報をそれぞれサッカーフィールド上の動きとして復元し、全体を統合する方法について述べる。

4.1 フィールド空間への変換方法

本システムでは複数の固定カメラを用いてフィールド全体を撮影する。その際、各カメラは次の3つの条件を同時に満たすように設置される。

- ・各カメラの光軸はタッチラインに直交する。
- ・各カメラ映像には必ず何本かのフィールドラインが映る。
- ・フィールド中に死角領域(どのカメラからも見えない領域)を作らない。

このような設置は比較的容易に実現できるので、競技場の違いや設置場所の変化に柔軟に対応できる。さらに、変換の問題を簡単化するために、次の3つの仮定をおく。

- ・フィールドを区画するラインが規定通りに引かれている。
- ・動物体(ボール以外)はフィールド面に接している。
- ・フィールド面は平面である。

これは、フィールド空間のラインのすべての直線成分は、互いに水平あるいは垂直であり、その真の位

置や長さは既知であることを意味し、また、画像中の選手の足元の位置がほぼその選手のフィールド上の位置に対応することを意味する。以上のカメラ設置条件と仮定から、ここでの変換は2次元(画像空間)から2次元(フィールド空間)への単純な変換問題になる。具体的には、画像空間上での選手の足下の位置をフィールド空間上のラインの交点と直線上の4点の作る複比は投影不変である[7]ことを用いて簡単に計算することができる。

4.2 統合方法

先に述べた撮影方法では、一人の選手が2台以上のカメラに同時に映る場合があるのでそれらに対応づけて一人の選手として認識する必要がある(図1参照)。この対応付けは次の2つのステップ; (1) 共通視野領域の抽出、および、(2) 同一選手の対応付けからなる。

(1) 共通視野領域の抽出方法

共通視野領域とは2台のカメラに映る共通のフィールド領域のことであり、次のステップで選手の対応付けを行う範囲として使われる。具体的な抽出方法としては、まず、一方のカメラ画像の左右の辺のそれぞれを、適当なラインとの交点を利用してフィールド空間へ写像する。この2つの直線で挟まれたフィールド上の領域をそのカメラの視野領域とする。次に、もう一方のカメラの視野領域を同じ方法で求め、2つの視野領域の共通部分を共通視野領域として抽出する。

(2) 同一選手の対応付け方法

上で求めた共通視野領域中に選手がいれば、その位置は2台のカメラからそれぞれ独立に抽出されているはずである。そこで、2台のカメラから得られた選手の位置を比較し、その距離が最短となるものを同一選手として対応づける。

本システムでは、前述のように複数カメラで分割撮影した映像が入力されるので、隣り合う2台あるいは3台のカメラの映像は互いに共通視野をもつことになる。従って、この共通視野の部分を用いてそれぞれ求めた選手の追跡結果を互いに補正することが可能になる。例えば、ある映像ではオクルージョンが発生するが、別の映像で発生していなければ、その結果を優先的に使用することによりオクルージョンの影響を軽減できる。また、画像端における選手の出現・消滅についても隣接するカメラ映像から互いに予測や確認ができる。このように、各映像における追跡処理の結果を他の映像の結果で補正したり、その結果を追跡処理にフィードバックするような総合的な追跡制御機構をもうければ、一選手の追跡精度を向上させることができると考えられる。

5. チームワークの評価

5.1 基本的な考え方

サッカーのゲームにおいては、“スペース作り”と“連携した動き”という言葉が勝敗を決するキーワードとなる。攻撃においてはいかに敵陣に有効なスペースを作り、それと連携してそのスペースを利用できるか、また、逆に守備においてはいかに自陣で相手に有利なスペースを作らせないかが重要となる。一般にその実行頻度が相手チームより勝っていればゲームの主導権を取れる可能性が高い。つまり、この“スペース作り”と“連携した動き”を定量化することによって、一種のチームワークの評価が可能になると

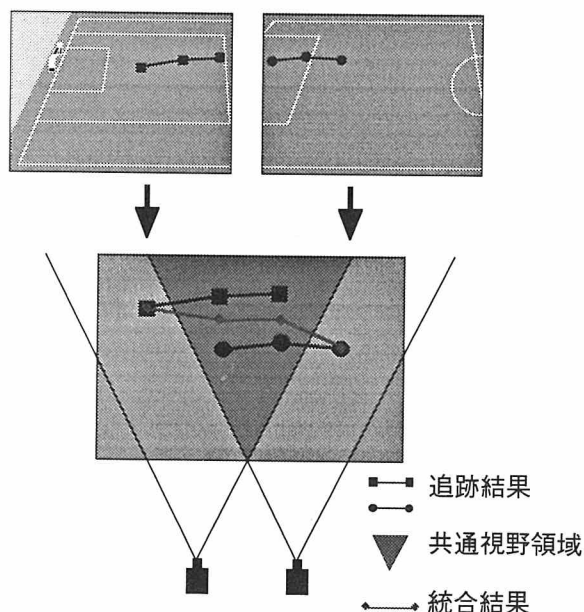


図1 同一選手の追跡結果の統合

考えられる。

これを行うために、まず、それぞれの選手について、ある時刻での位置、速度そして加速能力から、その時刻でのその選手の優勢領域を求める。ここで、優勢領域とは、ある時刻を起点としてその選手が全力で移動すると仮定したときに他のどの選手よりも速く到達可能な領域のことをいう。次に、同一チームのすべての選手の優勢領域を融合しチーム別の優勢領域を求める。このチームの優勢領域の中から、ゴールとの距離や角度、あるいは相手チームの優勢領域との位置関係などに基づいて守備や攻撃に特に重要な場所を特定することができれば、それらのゲーム中での変化を調べることによって、各時点でのあるいは一定の時間帯でのチームワークの記述ができると考えられる。例えば、ボールをパスした先が味方チームの優勢領域でありかつその場所の重要度が高ければ、そのパスの質は高いと言える。また、ある選手の移動によって優勢領域が拡大したり、重要度の高い部分が新たに発生したりするならば、その選手の動きの質はある意味で高いことになる。さらに、そのような質の高い動きが連携して、かつ連続して起きたならば、それは質の高いチームワークと言える。

5.2 優勢領域の算出方法

選手の優勢領域を算出するために、まず、各選手の到達時間パターンを求める。到達時間パターンとは各時刻で各選手に定義されるパターンで、各点の値はその選手のその点への最小到達時間を表す。この到達時間を計算するために、その時刻におけるその選手の位置、初速度、および、加速度を用いる。位置と速度は実際の画像から計測し、加速度については、その選手の意志と運動能力に依存するため、その時点でその選手が加速可能な全ての加速度ベクトルを考え、これを加速度パターンとして与える。加速度パターンの例を図2に示す。(a)のモデルは、選手の移動速度に関係なく、任意の方向へ一定の大きさで加速できることを意味する。また、(b)のモデルは(a)と同様に任意の方向へ加速できるが、移動速度が増加するにつれてその方向へはだんだん加速しにくくなる状況をモデル化したものである。図2(b)に示したような加速度モデルを用いた最小到達時間の計算は複雑で計算時間もかかる。そこで、ここでは移動速度に関係なくすべての方向に同じ加速度をもった図2(a)のモデルを用い、かつ、 \mathbf{p}_k が別の場所へ移動するために出発時に加えられる加速度ベクトルは移動中は変化しないと仮定する。こうすると、 \mathbf{p}_k の運動は基本的に等加速度運動となり、従って、 \mathbf{t}_0 を基点として、 \mathbf{p}_k が点 x へ移動するための最小到達時間は次式で与えられる。

$$t_s = \min_{a \in A} \left\{ t \left| \frac{1}{2}at^2 + \mathbf{v}^{(t_0)}t + \mathbf{p}_k^{(t_0)} - x = 0, (\mathbf{v}^{(t_0)})^2 - 2a(\mathbf{p}_k^{(t_0)} - x) \geq 0, t \geq 0 \right. \right\} \quad (1)$$

ここで $\mathbf{p}_k^{(t_0)}$ 、 $\mathbf{v}^{(t_0)}$ は、それぞれ時刻 \mathbf{t}_0 における \mathbf{p}_k の位置および速度ベクトルであり、 A は図2(a)の加速度ベクトルの集合を表す。また、右辺の2つの不等式は値が正の実数であるような t だけを最小化の対象とすることを意味する。即ち、(1)式は加速度ベクトル a を変化させながら、 t に関する2次方程式の正の実根の最小値を求めることを意味する。

実際にサッカーのようなスポーツ競技では、行動範囲が限られているため、このような近似モデルを用いても、それによる誤差の影響はそれほど大きくならないと考える。

更に、計算の便宜上、各点ごとに式(1)の最小到達時間を厳密に求めることはやめ、次の計算手順で近似的な最小到達時間を求める。

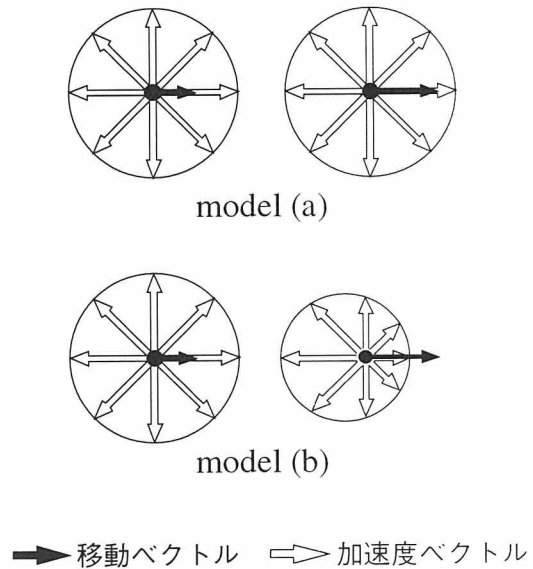


図2 加速度パターンモデルの例

- (a) まず、ある一人の選手について、ある時刻を基点とした各点への最小到達時間を出力するために一枚のデジタル画像を用意する。
- (b) 次に、適当な到達時間の一つ決め、加速度ベクトル a を変化させながら式 (1) の右辺にある 2 次方程式に従って、それぞれの到達位置 x を計算する。
- (c) 各 x に対する画像上の画素に上記到達時間を格納する。
- (d) 到達時間を適当に変化させながら、上記 (b)、(c) の処理を繰り返すことによって、異なる到達時間ごとの到達位置が画像上に記録される。このとき、同じ画素に異なる値が割り当てられた場合には、その最小値を残すことにより、その画素には最終的に最小到達時間が格納されることになる。
- (e) 上記の処理を施してもまだ値が決まらない画素に対しては、その周りの画素の値で適当に補間することによって、最終的に画像のすべての画素に近似的な最小到達時間が入ったデジタル画像が得られる。これをその人のその時刻での最小到達時間パターン (shortest time pattern) と呼ぶ。なお、上記の最小到達時間パターンの計算が、すべての選手および基点となるすべての時刻に対してそれぞれ実行される。

(2) 優勢領域の計算

ある時刻における優勢領域は、その時刻におけるすべての選手の最小到達時間パターンに対して、対応する各点の最小値演算を行い、その最小値に対応する選手ラベルをその点の値としたラベル画像として得られる。即ち、 P_k の最小到達時間パターンを $\mathbf{T}^{(k)} = \{t_{ij}^{(k)}\}$ 、優勢領域を表すラベル画像を $\mathbf{E} = \{e_{ij}\}$ とすれば、

$$e_{ij} = \left\{ k^* \mid t_{ij}^{(k^*)} = \min_k t_{ij}^{(k)}, 1 \leq k \leq n \right\} \quad (2)$$

となる。このとき、各ラベル領域が対応する選手の優勢領域になる。

5.3 具体的な評価

ここでは、先に述べた優勢領域と最小到達時間パターンを用いて、チームワークの基礎である協調的な動きとパスワークの定量的な評価を行う。

(1) 動きの評価

既に述べたように、攻守において意図的にスペースを奪い合うことは、最も基本で重要なチームワークである。そこで、このスペースを定量化するためにチーム全体の優勢領域の面積とその時間変化を評価尺度として用いる。また、優勢領域上の各点にゴールまでの距離や角度などによって、その位置における重要度を重みとして与えることができれば、より柔軟な評価が可能となる。

(2) パスの成否評価

パスの評価はパスが行われた瞬間に行うものとし、パスされたボールに最初に触れることができる選手が味方であればパス成功と評価する。ここでの評価の対象は、実際のゲーム中に出されたパスだけでなく、仮想的に出したパスも含まれる。これには、すべての選手の最小到達時間とボールの最小到達時間を各点において比較する必要がある。ここで、ボールの最小到達時間とは、先に定義した選手の最小到達時間をそのまま形式的にボールに適用したものである。但し、簡単のためボールは等速直線運動をするものとし、従って、ボールの最小到達時間パターンはその直線上にのみ与えられる。以上より、ボールの最小到達時間が選手のそれよりも大きくなる最も早い位置が、ボールが最初に受け取られる位置になる。従って、そのときの選手のチームを調べれば、パスの成否が判定できる。

6. 実験結果と考察

本実験で市販のCCDカメラを4台使用してサッカーのゲームシーン(フィールドの右半面)の撮影を行い、画像サイズ640×480(画素)、量子化レベル8ビットのものを連続345フレーム(約11秒間)取得した。このデータは画像手前から向こうサイドにパスされたボールを2選手が競り合い、その後、センタリングからゴールが決まるシーンである。本実験で用いたカメラ配置とその映像例を図3に示す。テンプレートマッチングによる選手追跡結果の一例、および、各カメラ画像から得られた各選手の追跡結果をフィールド空間上で統合した移動軌跡結果を図4、図5にそれぞれ示す。選手の追跡に関しては、選手同士が重なる場面を除けば比較的安定した結果が得られた。また、選手同士の重なりが発生してもそのまま正しく追跡が続けられる場面もあったが、一方の選手が完全に隠されるような場合には失敗する例が多かった。また、選手の姿勢が大きく変化した直後にはテンプレートの位置がずれるなど追跡が不安定になる例もあった。このような失敗や不安定な状態になったときは、そのつど手入力によるテンプレートの修正を行った。

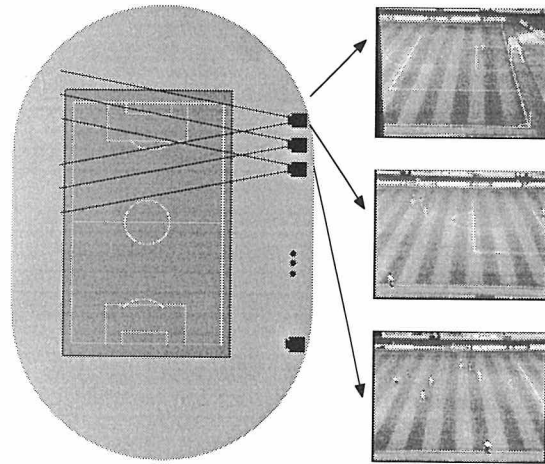


図3 カメラ配置と得られる映像

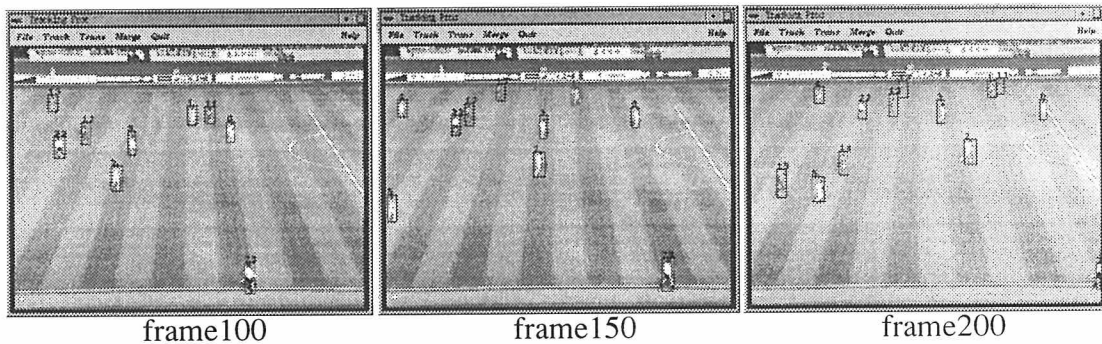


図4 テンプレートマッチングによる選手追跡

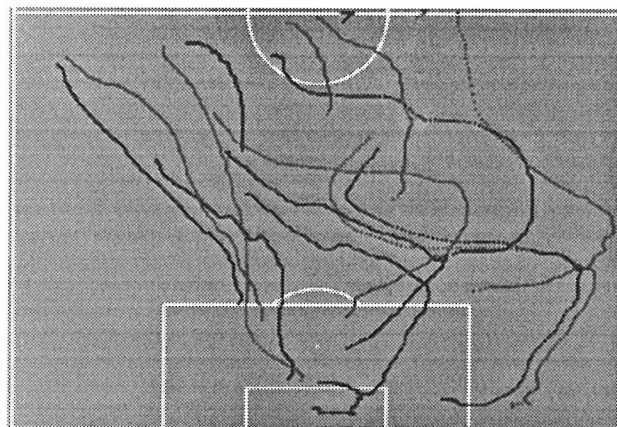
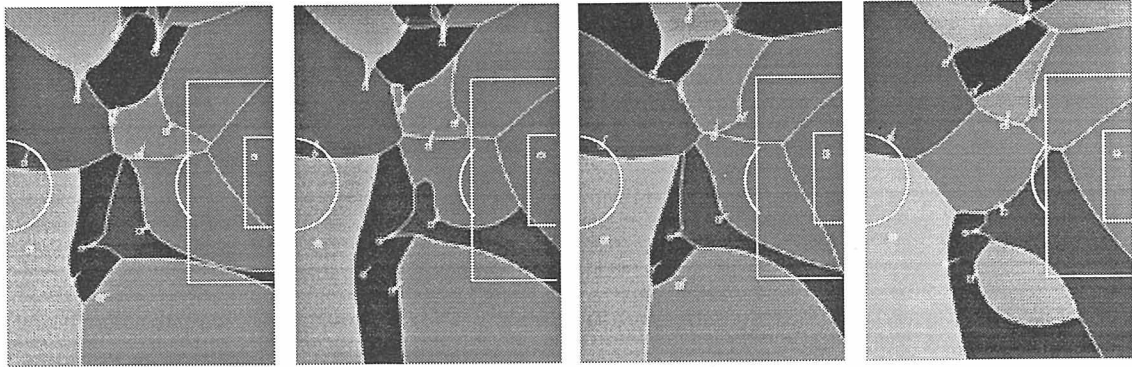
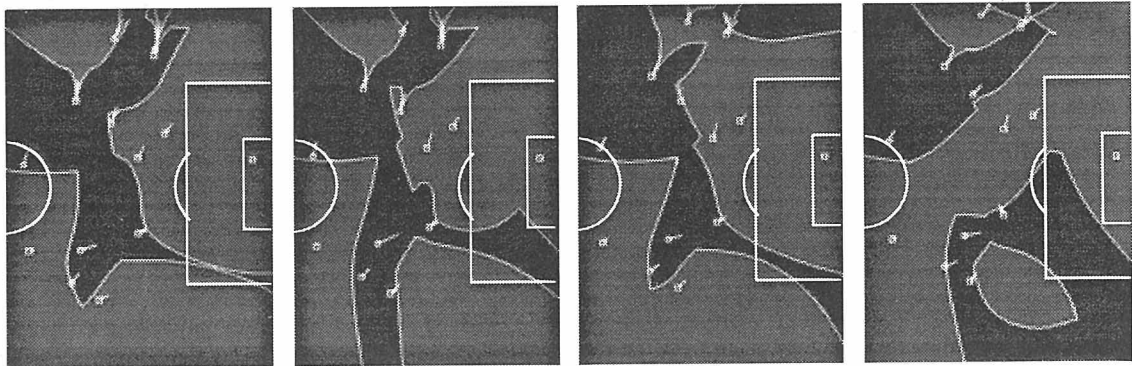


図5 最終的に得られた選手の軌跡



(a) 選手別優勢領域



(b) チーム別優勢領域

図6 優勢領域の算出結果

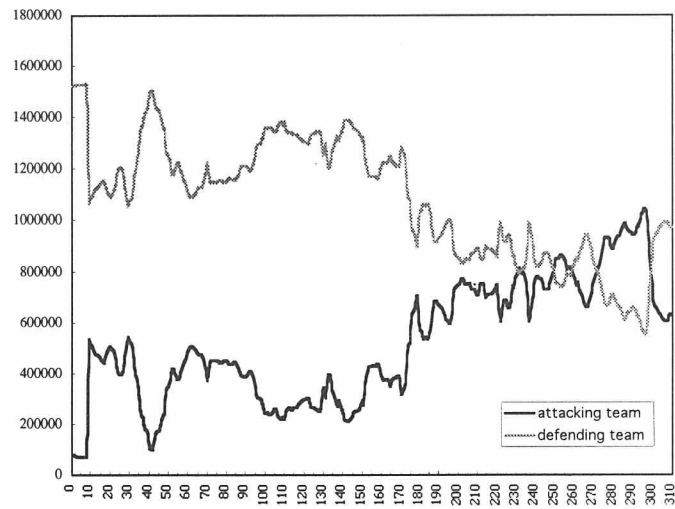
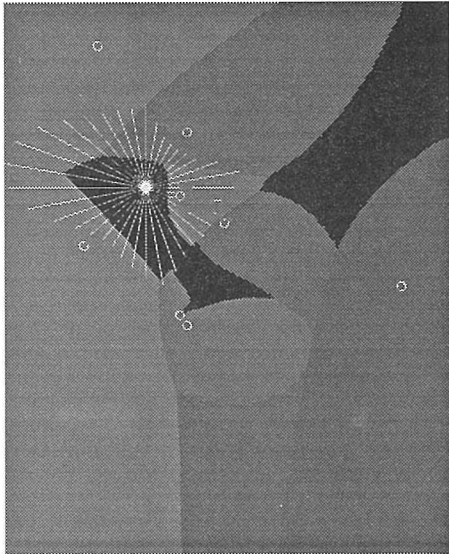
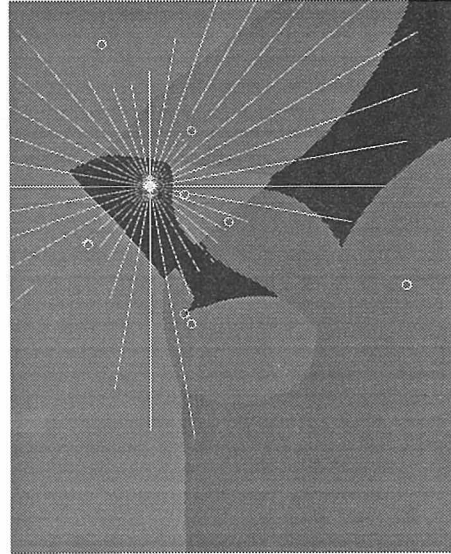


図7 チーム別優勢領域の面積変化

また、図6は、その軌跡をもとに算出された選手別優勢領域とチーム別優勢領域である。このように優勢領域を可視化することにより、各選手または各チームにとって優勢あるいは劣勢な領域を客観的に評価することが可能となった。さらに、図7は、重み付けされたチーム別優勢領域の面積変化であり、攻撃チームの優勢領域の面積が相手陣内にも関わらず徐々に増加し、一時逆転するまでに至っている。つまり、攻撃チームのチームワークが協調的な動きという意味で相手チームのそれを上回っていたと評価できる。



(a)ボールの初速度が小さい場合



(b)ボールの初速度が大きい場合

図8 パス可能範囲の一例

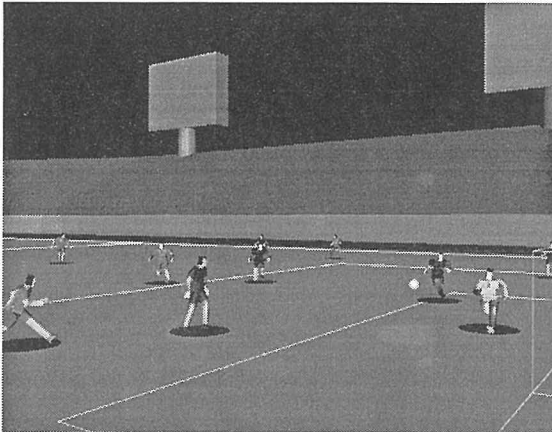


図9 任意の視点から見た映像例

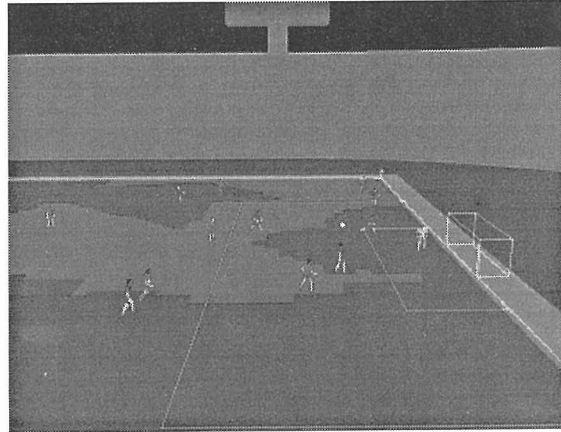


図10 優勢領域の合成映像

図8はパスのシミュレーションであり、○印は選手の位置、濃淡で色分けされた領域は各選手の優勢領域、そして、放射状に伸びる白線分は36方向にある初速度でボールをパスしたときのボールの優勢領域(ボールがどの選手よりも早く到達する場所)をそれぞれ示している。つまり、その白線分が初めて途切れた場所が、その場所を優勢領域とする選手に初めてボールが受け取られる場所となる。

図9は、あらゆる視点からゲームを観察できるという仮想再現の一例で、観衆や選手の目から見たシーンを再現した例であり、図10は、チーム別の優勢領域をアニメーションに合成したものである。このようなアニメーションを効果的に用いることで、本システムの様々な方面での利用が期待できる。

7. あとがき

チームワークの定量的評価を目的としたサッカー映像解析システムについて述べた。本文では、まず複数のカメラを用いてフィールド全体を撮影し、その映像からフィールド上のすべての選手の動きを再現する方法を示した。また、チームワークの最も重要な要素であるボールの受け渡しの成否および支配的なスペースの維持が定量的に評価できることを示した。

本システムは、チームの戦力強化や個々の選手のトレーニング支援などへ応用できるほか、バーチャルリアリティの技術を組み合わせることによって、本来は見るできないような場所からゲームを観戦するといったアミューズメントへの応用も考えられ、これは全く新しいトレーニング方法の開発へとつながる可能性もある。さらに、本文で示した基本的な手法や考え方は他のチームスポーツ競技（例えばアメリカンフットボールやラグビーなど）にも同様に適用できると考えられる。

今後は、加速度モデルの改善、優勢領域を用いた新たな特徴量の検討、戦略や戦術の表現と利用方法の検討、また、スポーツ科学の見地からの本システムに対する評価を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 浅田稔：“ダイナミックシーンの理解”、電子情報通信学会、1994
- [2] T.Taki, J. Hasegawa: "A Feature for Quantitative Measurement and Evaluation of Group Behavior and Its Application", Int. Archives of Photogrammetry and Remote sensing, vol. XXXII, part 5, pp.477-482, (1998-6)
- [3] 瀧、長谷川：“チームスポーツにおける集団行動解析のための特徴量とその応用”、電子情報通信学会論文誌、vol.J91-D-II、no.8、pp.1802-1811 (1998-8)
- [4] 皆川他：“スポーツ中継における動画像解析—サッカー中継のシーン解析—”、画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'92)、pp.I161-I167 (1992-7)
- [5] 川嶋他：“集団行動の安性的動画像解析”、画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'94)、pp. II255-II262 (1994-7)
- [6] 宮森他：“シーン中の短時間動作記述を用いた映像内容検索方式の提案”、画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'98)、pp.I75 - I80 (1998, 7)
- [7] 出口光一郎：“画像と空間”、昭晃堂、1991

● 研究動向紹介

白井ゼミ、幼児言語研究グループ (ここプロ)の紹介

中京大学 大学院 情報科学研究科 白井純子、
浜崎なおみ、菊池隆典、古田嘉照、渡邊欣一、
中京大学 情報科学部 認知科学科 木畑典子



1) はじめに

幼児はどのようにして言葉を習得してゆくのでしょうか？なぜ、聞いたこともないを次々と作り出すようになるのでしょうか？大きくなってから学び始めた英語はあんなに難しいのに、幼児はどうして簡単に言葉が使えるようになるのでしょうか？これらの疑問に少しずつ答えようとするために、幼児の実際の発話データに当たって調べるといふ方法があります。そこで、私達（主に白井ゼミの院生、学生からなるメンバー）は、白井英俊先生の指導のもと、あるご家庭の協力を得て1997年4月からこちゃん（仮名）という女の子の発話資料を定期的に継続して収集しています。また、その後発話資料の書き起こし、分析を行い、その研究成果を学会で発表をして来ました。

以下、データ収集の方法、これまでの研究成果、今後の抱負などを御報告します。

2) こちゃんの紹介と資料の収集、書き起こしについて

こちゃんは、1995年7月に3人姉妹の3女として生まれました。私達がこちゃんの発話データを記録し始めたのは1997年4月1日、こちゃんが1歳9ヵ月の時です。それから今日まで、週に一度2人ずつぐらいで、こちゃんの家に向い、1回1時間程度の自然な発話をビデオテープに録画し、音声と映像の両面から、縦断的に記録してきました。そしてその記録をもとに、コンピュータで処理しやすいような形式で書き起こしてきました。一時間分の発話の書き起こしは最低でも30時間以上かかるという、時間と集中力の必要な作業のため、まだ半分も終わってはいませんが、協力して少しずつ進めています。録画は近景と遠景の2台のカメラで行なってきたので今では140時間以上もの記録が集まりました。今後も事情が許す限り長く続けさせて頂きたいと考えています。



こちゃんはとても元気で好奇心の旺盛な女の子です。撮影する私達がついていけないほど元気に遊びまわります。色々なことに興味があります。そんな様子を見ていると何事にも積極的に試み学習していくかのようで、「何を見て何を考えているの？」「幼児は一体どうやって学習して発達しているのだろう？」などいつも考えさせられます。撮影を始めた当初は、言葉の出現が遅いようにもみえましたが、今日では、私達が驚かされるような表現を使い、2、3歳の時期はことばも行動も大きく成長する時期であることがよく分かります。撮影では大変なこともありました。たとえば、ある日、こちゃんが「ちょっと待って」と近景の撮影者に言って、他の部屋に行こうとしていたときです。近景の撮影者もついて行こうとして動くと、「来ちゃダメ！」と言うのです。この日はなかなかこちゃんの近くで撮影が出来なくて困りました。



こちゃんの撮影に毎週伺っていると、こちゃんが少しずつ成長しているのがよく分かります。撮影中になにか発見することがあると、他のメンバーに報告し合いますが、継続的に資料を集めて分析することで次第に何かが見えて来る研究のおもしろさを感じます。また、こちゃんは色々な表情を見せてくれるときがあります。それがとてもかわいくて、また次の週もこちゃんに会いたくなるのです。

3) 研究成果

これまでの成果を簡単に紹介します。

3-1) 幼児の「聞き返し」

この研究は、こちゃんの「聞き返し」(相手の発話に対して「ン?」「ウ?」のように上昇音調で発話されたもの)が母親のどのような反応を引き起こすのか、そして、それが言語発達に対してどのような働きがあるのかという点に注目して分析をおこなったものです。その結果、幼児は「聞き返し」により、相手の発話の繰り返しや別の表現への言い換えを積極的に誘発していること、またそれに対し、大人は幼児の成長にあわせてよりわかりやすい表現に変えるという言語行動をとっていることが分かりました。また、「聞き返し」をした場合には「聞き返し」をしない場合に比べて、大人が長く話し続けており、その結果、こちゃんにとっての入力が多くなっていると考えられることが分かりました。

まだ語数も文法的な発達もそれほど進んでいなかった時期の「聞き返し」は幼児の側からの言語を習得するための能動的な働きかけであること、また、この「聞き返し」が言語習得を支援しているといえると考えられると結論づけました。

3-2) 3歳までの幼児における文末表現の習得

この研究は、日本語による日常の会話において重要な役割を果たしている終助詞などの文末表現を、日本語を母語とする幼児がどのように習得していくのか、また、幼児が習得する文末表現にはどのような機能のものがあるのかを明らかにすることを目的とするものです。そのため、こちゃん以外の4名の幼児の資料も用いて分析を行いました。

その結果、幼児の文末表現の習得の過程には、初めの段階に「て、ね、よ」を、次の段階では、「の?、か?、って、ぞ」を、そして「のに」を使い始めるようになるという3つの段階があり、それは5人の幼児に共通しているだけでなく、その3つの段階は幼児の認知発達と深い関係があることが分かりました。

なお、それぞれのテーマについて、現在もさらに分析と検討を続けています。

4) 今後の発展

こちゃんの成長記録としてできる限り長くデータを収集して行きたいと考えています。これまで3歳以降の幼児の発話資料として、縦断的に収集されてきたものがほとんどないからです。それは、これまでのように一人の研究者では収集し続けることができなかつたのかもしれませんが、私達のようにグループで収集を行なっている場合には、長く続けることも可能であると考えられます。また、3歳以上の幼児のことはそれまでのものと違って長く複雑なものへと変化し、周りの大人とのコミュニケーションも十分できるものへと発達していることから、研究の対象として魅力のあるものです。

また、収集し、書き起こしを終えた資料は数年後には私達だけではなく、他の幼児言語の研究をしている人にとっての共有財産となるよう、公開し、提供する予定です。

共同で研究をする利点は、書き起こしなどのような時間がかかり、つらい作業をみんなで分担して進めていくことができること、それぞれの気づいたこと、考えた事を発展させることができることです。私達は、それぞれの興味も年齢も異なっていますが、それらの違いから見えるものの違いを大切にして、研究して行きたいと考えています。

認知科学の研究として、幼児の言語習得モデルを作成する研究をしているものも我々のグループにいます。それらのメンバーにとっては、実際の幼児を観察することによって、これまで机の上でだけ考えていたのでは作り出すことができなかったモデルの実現に近付き、認知科学としての言語習得研究に新しい視点からのアプローチが可能になるものと考えられます。

私達は大変幸運なことに、ここちゃんだけではなく、さらに幾つかのご家庭の御協力を得て、幼児の言語資料の収集を進めています。そのお気持ち、御協力に感謝し、御両親と一緒にお子さんたちの成長を楽しみにしている存在、お子さん達の友人として研究を続けて行きたいと考えています。

また、私達の活動は他の言語習得研究者とも連携して、情報共有や情報発進の拠点となりつつあることもここに合わせてご報告しておきます。(URLは<http://jchat.sccs.chukyo-u.ac.jp/JCHAT/>)



● 会議報告

中京大学・人工知能高等研究所、名古屋市科学館共催 「公開講座」ソフトサイエンスシリーズ第14回

| | |
|-------|---------------------------------------|
| 日 時 | 平成10年10月20日 (火) 午後3時-4時30分 |
| 会 場 | 名古屋市科学館・サイエンスホール (白川公園内・地下鉄伏見駅⑤番出口南へ) |
| テ ー マ | 新しい学びとメディア |
| 講 師 | Dr. Allan Collins (アラン コリンズ 博士) |
| 主 催 | 中京大学・人工知能高等研究所、名古屋市科学館 |
| 協 賛 | (財)人工知能研究振興財団、東海エーアイ研究会、日本認知科学会 |
| 後 援 | 中日新聞本社 |

講師紹介 Dr. Allan Collins (アラン コリンズ 博士)

学歴：EDUCATION

- Ph.D., Psychology, University of Michigan, 1970.
ミシガン大学 Ph.D. (心理学博士) 1970 年
- M.A., Communication Sciences, University of Michigan, 1962.
ミシガン大学 M.A. (コミュニケーション科学修士) 1962 年
- B.B.A., Accounting, University of Michigan, 1959.
ミシガン大学 B.B.A. (会計学) 1959 年

職歴：PROFESSIONAL EXPERIENCE

- PRINCIPAL SCIENTIST, BBN Corporation, 1982-present.
1982-現在 BBN 主任研究員
- PROFESSOR, Education and Social Policy, Northwestern University,
1989-present.
1989-現在 ノースウエスタン大学教育政策科学部 教授
- CO-DIRECTOR, OERI's Center for Technology in Education, 1991-1994.
1991-1994 オンタリオ教育研究所 教育テクノロジセンターディレクター
- SENIOR SCIENTIST, BBN Corporation., 1967-1982.
1967-1982 BBN 上級研究員

コリンズ博士は、アメリカの認知研究分野でつねに新しい研究分野を切り開いて来た認知科学の創立者のひとりである。コミュニケーション科学、人間の情報処理、特に言語、記憶の研究に関わりミシガン大学人間行動研究センターから心理学の博士号を得た。心理学の分野では、意味記憶やメンタルモデルに関する仕事が良く知られている。人工知能分野では定性推論、知的教授システムの開発などに関わった。これらの研究をバックに広く教育に関する研究に携わり、質問型教授法、認知的徒弟制、状況に埋め込まれた学習、認識論ゲーム、評価法の研究など幅広く活躍している。コリンズ博士は長く Bolt Beranek & Newman というシンクタンクを研究の場とし、主に認知的情報処理過程と教育の研究に従事してきた。コリンズ博士がキリアン博士とともに行った質問応答反応時間を利用しての意味的記憶空間の構造を推定する研究は、その後の認知心理学に情報処理的なアプローチを導入する具体的な実験方法論を提供した画期的な研究として広く知られている。

1970年から75年にかけてコリンズ博士がカーボネル博士(故人)と開発したSCHOLARは、最初の知的CAIシステムで、人間の持つ記憶に似た構造を持つ知識データベースを持っており、さまざまな教育場面に応用された。このシステム開発のため、コリンズ博士は人の質問の仕方、教師が生徒に問い掛けながら生徒の理解レベルを推定し生徒が必要とする説明を生徒に分る形で与えるやりかたなどを分析している。この分析に基づいてコリンズ博士らが1975年から1979年にかけて開発したのがWHYと呼ばれる知的教授システムである。このシステムは、ソクラティックメソッドと呼ばれる教師からの問いかけによって論理的なものの考え方を教える。その後も1980年から1988年にかけては複雑なシステムについて人が持つメンタルモデルを研究し、複雑なシステムを人がうまく学習し理解するための理論のいくつかを提唱している。

コリンズ博士はまた、従来の試験ではなく学習者の学習プロセスそのものを分析するポートフォリオ法の開発推進者としても知られている。最近是新アメリカ学校開発組織においてCo-NECTプロジェクトを監督するなど、インターネットやマルチメディアなど新しいテクノロジーの教育利用についてのいくつもの先行的な研究で指導的な役割を果たしている。

講演要旨

私たちの身の回りには、文字、絵、ビデオ、声、アニメーション、シミュレーション、語り、対面会話などさまざまな種類のメディアがある。それらのメディアは、それぞれ異なった特徴を持っており、それによってどのようなコミュニケーションがやりやすくなるのかが異なっている。新しいメディアを使って新しい学びの場を作ろうとするときには、それぞれのメディアの強みを生かした利用方法を考える必要がある。

文字は、後から見直したい記録を取る時に特に役に立つ。文字や式は、理論をきちんと一塊のものにまとめて表現するのに適している。絵は、位置関係や形態を伝えるのに適している。声は、目の前で起きていることと組み合わせて、説明をしたり、ヒントやアドバイスを与えたりするのに使うことができる。語りは、覚えたりあとから思い出したりしやすい豊富な構造を提供する。これに対して会話は、互いに話合いながら意味をだんだんはっきりさせてゆくなどのプロセスに向いている。シミュレーションは新しいことを試してもらうためには欠かせない。アニメーションは、プロセスを見せるのに適している。体内を血液がどう巡るのかとか、ものが空間の中を移動する時重心がどのように動くのかなど普通にはみることができないプロセスも工夫によって見せることができる。さらにシミュレーションには一つの結果を得るのにさまざまな方法があることをこと示す柔軟性がある。シミュレーションを使うと、今習っていることがさまざまな異なった場面でどう役に立つのかを確かめながら学ぶことができる。

さまざまなメディアを駆使して人にうまく物事を伝えるためにはそれぞれのメディアの持つ特徴を活かして、学習者が柔軟な知識を身につけるよう配慮することが大切である。

●トピックス

〔平成10年度コロキウムリスト〕

| 開催日 | 講演者 | タイトル |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1998/4/2 三宅な | Mark Keane University of Dublin, Trinity College | What Makes an Analogy Difficult? |
| 1998/5/16 三宅な | 綿巻 徹 愛知県心身生姜者コロニー発達障害研究所 能力開発部室長 | 助詞の発達からみた心の理論の発達 |
| 1998/5/23 秦野 | Professor Geerd H.F. Diercksen Max-Planck-Institut fuer Astrophysik | Theoretical and computational studies of Hydrogen/Rare-gas and Lithium/Rare-gas Rydberg Clusters |
| 1998/9/26 三宅な | ・クリストフ・シャルル 神戸芸術工科大学視覚情報デザイン学科講師 ・大泉 和文 中京大学情報科学部講師 | 「undirected」/「(un)related」： 電子メディア環境における音楽制作 media + architecture： 情報メディア時代の空間造形 |

〔研究所施設見学〕

豊田市では「産業振興に寄与し、魅力ある街づくり」を目的に、会員の自由な意見交換の場として平成2年に「豊田市産・学・官フォーラム」が設置された。今年度事業の一つとして大学の研究施設見学を行っており、中京大学人工知能高等研究所の見学会がおこなわれた。

日 時：平成10年9月16日(水) 午後2時～3時30分
見学施設：中京大学 人工知能高等研究所

代 表 者：

豊田市産・学・官フォーラム 会長 篠田進弥(大豊工業)
豊田市役所 産業振興課(フォーラム事務局) 課長 鈴木正臣

大学側代表者： 所 長 戸田正直、センター主任 長谷川純一
学部長 荒木和男、 興水大和

●トピックス

ハイテク・リサーチ・センター活動開始!!

本年度、人工知能高等研究所／中京大学大学院情報科学研究科は、文部省から私立大学ハイテク・リサーチ・センター（先端的学術研究基盤）に選定された。研究期間は1998年度より2002年度迄の5年間。これにより、同研究所／研究科がこれまで積極的に取り組んできた多くの先駆的研究がさらに活発化することは間違いない。

具体的には、映像メディアによる仮想世界構築に関する研究（代表者：長谷川純一「3次元仮想化空間を利用した知的活動支援システムの開発」）、感性情報処理に関する研究（代表者：興水大和「顔を中心にした人体活動の多元感性情報の統合の研究」）、ネットワークを利用した知的協調作業支援に関する研究（代表者：三宅なほみ「ネットワーク主導型協調的知的活動支援に関する基盤的研究」）の3件の研究が対象になっている。全体の代表者は福村晃夫研究科長。

仮想世界構築に関する研究では、実際の人体あるいは人間を取り巻く環境を3次元情報として計算機に取り込み、これを可視化して得られる仮想的の世界の中で、様々な操作を加えることにより、現実には体験困難な世界を自由に体験させることによって人間の知的活動を支援するシステムの実現を目指している。具体的には、CT装置などから得られる人体の3次元画像（仮想化人体）を用いた仮想的検査システムの開発、スポーツ映像における選手の協調動作の評価とゲームの仮想体験システムの開発などが目標に上がっている。

多元感性情報の統合研究では、顔を中心にした人体の様々な活動を画像、映像メディアとして捉え、そこから人体の形状、動きの個性、感情、意図などの個に属する感性情報、さらには性差、民族性、地域性、職業性といった集団に属する感性情報を収集、分析し、それらを統合して多元的な人体活動モデルを構築することを目指している。ここでの具体的目標は、膨大となる多元映像データの効率的な解析技術と分かり易い視覚呈示方法を開発すること、また具体的には似顔絵生成などを通して、顔や人体活動から個性や感情を抽出する諸原理を構築し、また、それらを統合するモデルを構築することなどである。

ネットワーク主導型協調的知的活動支援に関する研究では、インターネットの普及などによって最近急速に利用可能になりつつある大量情報を大学での教育・研究に有効に利用するための情報科学的、認知科学的研究を目指している。効率的な情報検索や情報収集のための情報科学的な知見と、思考や問題解決の協調的プロセスの支援のための認知科学的アプローチ、および初学者にも適合したインタフェースの設計に関する知見を統合し、実際講義や研究で使えるシステムを構築した上で、それらの知見を実証的に検証する。

これらのプロジェクトによって開発される諸技術や研究成果は、広く他の教育施設、研究機関、コミュニティ活動のために提供される予定である。これらの研究によって、これからのネットワーク主導型情報社会で要請される質の高いマン・マシン・コミュニケーション研究者、ネットワーク技術者、マルチメディア技術者の育成に直接的に寄与し、今後の生涯教育、社会人教育に貢献できる基盤にしたい。

（文責：三宅なほみ）

● 研究所員一覧

■ 情報科学部

情報科学科

福村 晃夫
 湊 幸衛
 荒木 和男
 秦野やす世
 中山 晶
 大泉 和文
 磯 直行

山田 博
 田村 浩一郎
 飯田 三郎
 輿水 大和
 嶋田 晋
 宮崎 慎也
 清水 優

廣木 守雄
 川端 信男
 伊藤 誠
 長谷川純一
 伊藤 秀昭
 横山 至治
 山田 雅之

認知科学科

戸田 正直
 三宅 芳雄
 白井 英俊
 小笠原秀美

山田 尚勇
 三宅なほみ
 樋口 一枝
 土屋 孝文

木村 泉
 宮田 義郎
 高橋 和弘

■ 情報科学部

■ 愛知県立大学

日野 泰志

■ 岐阜大学

村上 和人

■ 神戸芸術工科大学

加藤 邦人

Christophe Charles

■ 富士通研究所

棚橋 純一
 遠藤 利生
 藤田 孝弥
 柿元 俊博

森田 修三
 浅川 和雄
 佐々木 繁
 上原 祐介

鳥生 隆
 長田 茂美
 後藤 誠
 増井 誠生

■ デンソー

赤堀 一郎
 田村 震一
 高見雅文

北岡 教英
 横井 邦雄
 劉 正

加藤 利文
 宮内 英夫

■ 名鉄コンピュータ

水野 徳重

■ SKEN

鈴木 健志

■ 準研究員

瀧 剛志
 高木 晋
 吉田 俊介
 宮阪 健夫
 林 路明
 落合 弘之
 新木 真司
 古田 嘉照
 高野 直美

稲葉 洋
 橋本 岳彦
 牧野 誠
 黒田 和宏
 萩原 涉
 野田 耕平
 菊地 隆典
 渡辺 欣一

本田 宏
 浅野 寛人
 富永 将史

長谷川勝久
 石川 誠
 浜崎なおみ
 岡本 光広

■ 人工知能高等研究所

行松 慎二

〈編集後記〉

IASAI Newsの1998年秋号をお届けします。通算第3号になりました。

今回の編集方針は、「若い研究者たちの仕事を紹介すること」です。企業所員として新しくいらした方々の研究や大学の博士過程でこれからプロの研究者になろうとしている学生の皆さんの研究をお知らせすることができれば、と考えるの企画です。研究動向として、何人かの方々に、投稿をお願いしました。研究論文とは少し趣の異なるお話しがいただけたかと思います。

表紙にお願いした秦野やす世研究室での研究でも、トピックスとして紹介したハイテクリサーチセンターのための研究現場でも学生さんたちの真剣な取り組みが印象的です。各企業の研究室でもそのような光景が日常であるにちがいありません。研究所として本当にうれしいことです。

最後になりましたが、巻頭言をいただいた山田博先生を始め、執筆および資料提供くださった皆様に心よりお礼申し上げます。

(客員編集委員 樋口一枝)

★★★ 人工知能高等研究所のWWWページのご案内 ★★★

アドレス <http://www.chukyo-u.ac.jp/univ/center/airc/index.html>

☆☆☆ 中京大学のWWWページのご案内 ☆☆☆

アドレス <http://www.chukyo-u.ac.jp/>

IASAI NEWS 第3号 1998年10月31日発行

- 発行・編集 中京大学 情報科学部 人工知能高等研究所
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立101 ☎(0565)45-0971 (代表)
- 印刷 ニッコアイエム株式会社
〒460-0024 名古屋市中区正木1-13-19
-

本誌記事の無断転載を禁じます。

© 1998 中京大学 人工知能高等研究所