

文献情報に基づく分野間ネットワーク分析

Structural Analysis of Research Fields' Network Based on Research Papers

片上 大輔^{*1}
Daisuke KATAGAMI

田中 貴紘^{*1}
Takahiro TANAKA

新田 克己^{*1}
Katsumi NITTA

高玉 圭樹^{*1}
Keiki TAKADAMA

^{*1} 東京工業大学 大学院総合理工学研究科
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Our purpose here is to construct of the network between research fields by using research papers' information, and to acquire a new finding that clarifies the whole image of research by analyzing the network.

1. はじめに

近年ユビキタス・ロボット・ネットワーク社会など、社会がますます高度化、複雑化、多様化なかで、各分野の研究も細分化された知を有機的に統合するグローバルな、横断型科学技術がその重要性を高めている。しかし、このような試みは近年始まったばかりであり、各分野の知見をどのように活用するかは未だ難しい問題である。そこには、各分野に共通するような横断的かつ包含的な事象に基づいた解析が必要である。

本稿では、様々な分野にまたがる研究を分野間の関係を明示的かつ多角的に捉え、整理し考察することによって、これまで曖昧であった一連の研究の全体像を明確にしたいと考える。そこで、様々な分野で活躍する研究者 15 名にそれぞれの分野におけるバイブル的な(代表的な)文献を集めてもらい、俯瞰図的に研究分野を眺めることを試みる。従来のように軸や要素によって文献間の関係を調べようとする方法をトップダウン的アプローチとするならば、本稿は、各文献の特性を示すキーワードの関係性に基づいて、分野間の関係を創出しようとする、ボトムアップ的アプローチといえよう。そのため、よりシステムティックに対象間の関係構造から創出される分析的方法[松尾 05] [福地 02]が好ましいといえる。そこで、本研究では、このような分析的アプローチを採用することにする。

本研究の目的は、あるテーマに沿って集められた文献セットにおいて、文献間の関係を研究分野間の関係として捉えることで、各研究分野を一つの視点としたそのテーマの特徴としてのメタ情報を獲得することである。このような、メタ情報にはたとえば、文献セットはどのような研究分野の研究が集まっているのか？それらの関係はどうなっているのか？その関係はどのように変遷しているのか？など、これまで得ることが難しかった関係を明らかにすることができると考えている。

2. 研究分野間の関係と文献情報

2.1 分野キーワード

一般に、各文献に対して幾つかの文献が先行研究や関連研究という形で関わっているといえる。各文献は、それぞれがある研究分野に関わる研究と定義した時に、各文献間の関係は、各研究分野間の関係の要素を表すものと考えることができる。領域横断的に各研究分野間の関係を調べるためには、上記の定義、つまり各研究を表す鍵となるキーワードを定義する

必要がある。通常、研究の原稿を書く際には、その研究内容をよく表す3~5つのキーワードを添えることが多い。一般にこのキーワードは各研究が関る研究分野を表しており、その組み合わせによって対象の研究がどの分野の研究と関連しているかといったその研究の位置づけをうまく表現しているといえる。我々は、これらのキーワードをあらかじめ用意するため、第 18 回人工知能学会全国大会(JSAI2004) [全国大会 04]の論文該当分野をベースに、さらに社会科学の分野など相互作用研究を追加するにあたって不足していると思われるキーワードを追加し、これらのキーワードのリストを作成した(表 1)。キーワードの総数は 88 個であり、その内新たに追加したキーワードは 14 個である。本稿では、これらのキーワードを分野キーワードと呼ぶ。分野キーワードに対応するインタラクションカテゴリについては 2.4 節で説明する。

2.2 収集テーマと文献セット

本研究では、文献セットを集めるテーマをあらかじめ決定する必要がある。本稿では主に[片上 05]における成果についてを一つの例として報告を行うことにする。ここでは、「相互作用」を文献セットを集めるテーマとして設定し、「相互作用」に関する研究のうち各分野を代表するようなバイブル的文献を集めた。[高玉 05]の特集に関する、マルチエージェント、システム工学、認知情報科学、知能ロボット、情報検索、ゲーム理論、実験経済学などの様々な分野で活躍されている研究者 15 名に入力をお願いした。集まった文献の数は 1972 年から 2004 年までの 109 本。各文献間を結ぶエッジ数は 217 本である。入力の内容は、入力者、著者、文献名、メインキーワード、関連キーワードである。

2.3 インタラクションカテゴリ

従来、相互作用に関する研究は、その主体と相手の関係から、一般的に、人間-エージェント間相互作用(HAI)、人間-ロボット間相互作用(HRI)、人間-コンピュータ間相互作用(HCI)、コンピュータ-環境間相互作用(CEI)、エージェント間相互作用(AAI)、人間-人間間相互作用(HHI)と分類することが多い。このようなトップダウン的アプローチは汎用システムとしては利用は難しいが、現在の研究分野間の関係を直感的にわかりやすく比較するのに役に立つ。

我々はこの従来のカテゴリわけを利用し、細分化された各分野がどのカテゴリに属するのかわ、分野キーワードごとに設定した。本稿では、HAI, HRI, HCI, CEI, AAI, HHI の 6 つのカテゴリをインタラクションカテゴリと呼ぶことにする。

連絡先: 片上大輔, 東京工業大学大学院総合理工学研究科,
〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 J2-53,
TEL&FAX: 045-924-5218, katagami@ntt.dis.titech.ac.jp

表 1 分野キーワード

第 18 回人工知能学会全国大会 (JSAI2004) の論文該当分野から抜粋 (74 キーワード) + 新たに追加 (14 キーワード)	インタラクションカテゴリ	分野キーワード
	HAI (紺)	オークション, 推薦システム, コンサルテーションシステム, Web サービス, ユビキタスコンピューティング, 質問応答システム, 知的 CAI, エデュテインメント, コミュニティ支援, 知的インタフェース
	HRI (緑)	群知能, 知能ロボット, 認知アーキテクチャ, 身体知・身体性, 移動体知能, シンボルグラウンディング, <u>ヒューマンロボットインタラクション</u> , <u>ジェスチャー</u> , <u>コミュニケーション</u> , <u>共同注意</u>
	HCI (青)	エキスパートシステム, 意図理解, アクティブマイニング, 対話処理, ヒューマンインタフェース, CSCW, (対話的)学習支援環境, 協調学習支援, e-ラーニング, 感性情報処理, マルチモーダルインタフェース, 共有作業空間, 談話理解 Web コミュニティ, グループウェア, 発想支援
	CEI (橙)	プランニング, 推論, 確率推論, 不確実性推論, 帰納学習, 演繹学習, 戦略学習, 類推, 概念学習, 事例ベース推論, 学習エージェント, 強化学習, 適応学習システム, 進化的計算, 遺伝的アルゴリズム, コネクショニズム, 免疫システム, Web 検索, 知識発見, 発見科学, 画像認識・理解, シーン理解, パターン組織化, データマイニング, テキストマイニング, 自然言語理解, 情報検索・抽出, 音声認識・理解, パターン検索, 音声対話処理, 仮想・拡張現実感, <u>心の理論</u> , <u>情報処理</u> , <u>最適化</u>
	AAI (白)	知識共有, 分散人工知能, マルチエージェントシステム, 協調問題解決, 人工社会, 人工経済, 人工市場, エージェントシミュレーション, 人工生命
HHI (赤)	知識獲得(専門家の知識獲得), ナレッジマネジメント, 実験経済学, ゲーミングシミュレーション, CSCW, <u>ゲーム理論</u> , <u>意思決定</u> , <u>組織構造</u> , <u>スモールワールド</u> , <u>社会ネットワーク</u> , <u>進化経済学</u> , 知的インタフェース	

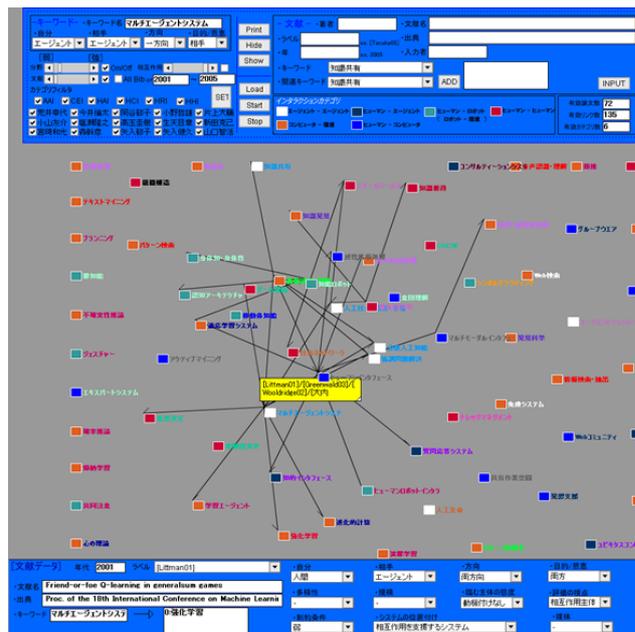


図 1 システムの概観

本システムは、テーマ「相互作用」に沿って集められた文献セットを、各文献に対応付けられた AI 分野のキーワードを選択することによって整理し、その関係性を明確にすることによって、相互作用研究の全体像(メタ情報)を把握する。

3.1 基本的なアルゴリズム

細分化された各分野(分野キーワード)をノード, 相互作用の文献毎に決められる分野キーワードの関係をエッジとしてネットワークを作成することができる。エッジの始点をメインキーワード, 終点を関連キーワードとすることで, 有向グラフとなる。作成されたネットワークを本稿では, 文献間関係ネットワークと呼ぶ。ここで, 意図する関係は「各文献が関連している研究分野の関係」である。

各分野キーワードが所属する6つのインタラクションカテゴリ毎にノードの色分けを行い, 相互作用の内容に基づき, 内容別に分野キーワードの文字を色分けした(詳しくは[片上 05])。これにより, カテゴリと相互作用の内容両方の視点から関係性を見ることが可能である。

ノード間の配置, またはその移動に関して, Java Development Kit の GraphLayout を利用する。これは, ノード間を結んだエッジの関係により, データ構造を視覚表現する際に用いられるものである。ノードとエッジの関係は幾つかのパラメータで指定, 制御することができる。GraphLayout を用いて作成された, システムの概観を図1に示す。ノードを選択することで, そのノードをメインキーワードとして登録された文献のラベルがポップアップされ, さらにそれらの詳細な情報も下方の文献データインタフェースより見ることができる。

3.2 文献の入力

文献の入力者は, 紹介する各文献に対して, 表 2 の上位 8 つのデータをそれぞれ入力する。[関連キーワード]は, 文献に応じて複数入力することが可能である。また, 最後の[インタラクションカテゴリ]の項目に関しては入力された[メインキーワード]から自動で決定される。入力されたデータは XML に変換されシステムで利用される。

3. システムの概要

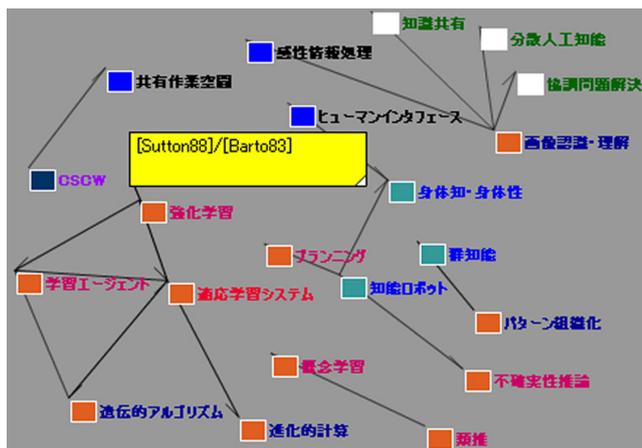


図 6 1972～1990 年

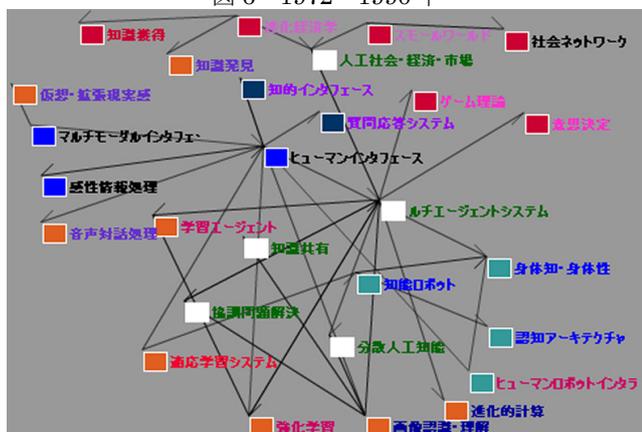


図 7 2001～2004 年

の身体知・身体性などとエッジがあるのも興味深い。ここで、文献の内訳をみると有効論文数 14 本の内 13 本がヒューマンインタフェースに属して(メインキーワードとなっている)。

一方、CEI でフィルタリングした結果を図 5 に示す。有効論文数は 42, 有効エッジ数は 105, 有効カテゴリ数は 5, 相互作用の内容は 4 種類であり、かなり多量の分野との研究が盛んであり、ハブとなる分野キーワードも多数存在し文献も分散している。多くの分野のエッジの方向が双方向に結合していることから他分野の知見を使い使われといったコラボレーションが多く行われていることがわかる。

4.2 年代と相互作用研究の変遷

ここでは、相互作用研究の年代によってグラフ構造にどう変化が現れるかを、年代フィルタを使ってフィルタリングを行った。年代別に(1)1972 年から 1990 年まで、(2)1991 年から 1995 年、(3)1996 年から 2000 年、(4)2001 年から 2004 年と分割しそれぞれの文献間関係ネットワークを作成した。

- (1) 1972 年から 1990 年(図 6): 有効論文数は 16, 有効エッジ数は 30, 有効カテゴリ数は 5 である。研究の関連の結合が、幾つかのクラスタに分かれており、適応学習システム, 知能ロボット, 画像認識・理解などを中心に研究が個別に行われていることがわかる。
- (2) 1991 年から 1995 年(図は省略): 有効論文数は 18, 有効エッジ数は 35, 有効カテゴリ数は 5 である。この頃になると強化学習, マルチエージェントなどが盛んになり、そこから他の研究へのエッジが延びている。それにより

幾つかのクラスタが結合し、研究分野間のコラボレーションが行われている。相互作用の種類はまだ 7 つであり、異種コラボレーション研究は多くはない。

- (3) 1996 年から 2000 年(図は省略): 有効論文数は 46, 有効エッジ数は 98, 有効カテゴリ数は 6 である。現時点だと、この時代のバイブル的文献が非常に多い(バイブル的文献とされるには適当な期間が必要なかもしれない)。相互作用の数も格段に増え、ほぼ各分野がエッジによって結合している。相互作用の方向性も双方向の研究が増え、全カテゴリの研究が行われている。
- (4) 2001 年から 2004 年(図 7): 有効論文数は 27, 有効エッジ数は 50, 有効カテゴリ数は 6 である。様々な分野に研究が拡大し、社会科学系の研究が多い HHI(赤)にも多くの研究が関連している。相互作用の種類も多く、多くのコラボレーションが行われている。

全体を通してみると、ハブとなる分野キーワード(エッジの始点となるキーワード)が複雑なものを扱うものになるにつれて相互作用の中身も複雑な(方向性が双方向を扱う)ものへと変遷しており、またハブとなる研究の移り変わりも現実と照らしあわせてみると興味深い。

5. おわりに

相互作用に関する研究を相互作用の内容や従来のカテゴリを使い領域横断的にその関係を探るために、実際に各分野で活躍されている研究者から、その分野でのバイブル的な文献をあげてもらい、それを様々な視点より視覚化することにより、見えてくる関係を調べた。

本研究は、例えば毎年行われる全国大会や、学会に採録される論文などを自動で登録することにより、通常では把握が難しかった会議や学会において行われる研究分野の内訳や、変遷などを明らかにすることができると考えられ、今後研究を新たに始める学生や、解説などを書く方など幅広い人に貢献するシステムを構築することを考えている。

謝辞

本稿は、相互作用研究会のメンバーとの有益な議論が基になっています。また、本稿のバイブル的文献に関して、研究会の研究者 15 名にデータの入力をして頂きました。記して感謝いたします。

参考文献

[松尾 05] 松尾豊, 友部博教, 橋田浩一, 中島秀之, 石塚満: Web 上の情報からの人間関係ネットワークの抽出, 人工知能学会誌, Vol.20, No.1, pp.46-56, 2005.

[福地 02] 福地健太郎, 豊田正史, 喜連川優: Web Community Browser における探索機構の実装と評価, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.102, No.209, pp.79-84, 2002.

[全国大会 04] 2004 年度人工知能学会全国大会(第 18 回)論文集, 2004.

[片上 05] 片上大輔, 小山友介: 相互作用研究の領域横断的關係を探る, 計測自動制御学会誌計測と制御, Vol.44, No.12, pp.825-830, 2005.

[高玉 05] 高玉圭樹: 相互作用の本質にせまる～知的システムの理解と設計の新視点～, 計測自動制御学会誌計測と制御, Vol.44, No.12, pp.8-, 2005.