情報処理学会
グループウェアとネットワークサービス研究会
2008年11月6日, 7日

滞在場所を考慮したコミュニケーション検出システム

注連隆夫，河合英紀，Brett Bojduj，國枝和雄，山田敬嗣

NEC C&C イノベーション研究所

概要

場所に着目し、コミュニケーション発生の検出の高精度化と、目的意識に基づくコミュニケーション分類を試みた。特に、フリーアドレスオフィスに適用できるよう「ホームポジション」の検出機能の実装を行った。コミュニケーション発生の検出評価実験を行ったところ、人物間の距離のみを用いた単純手法よりもコミュニケーションの検出F値で0.2、コミュニケーション相手の検出F値で0.35高い性能を示すことができた。また、コミュニケーションを参加者の目的意識によって「双方目的型」、「無目的型」、「片方目的型」に分類し、分析を行った。「双方目的型」、「無目的型」のコミュニケーションにおけるネットワークを比較したところ、「無目的型」では、グループ間のコミュニケーションが活発であることがわかった。さらに、「片方目的型」の内、「上司-部下」関係のコミュニケーションに着目することによって、個人の特性、マネージメントバランスが見えてくることがわかった。

Communication Detection System Considering Areas

Takao Shime, Hideki Kawai, Brett Bojduj, Kazuo Kunieda, Keiji Yamada

NEC C&C Innovation Research Laboratories

Abstract

We propose a location-based communication detection method which can improve accuracy with semantic information of locations. Especially, we implemented home position detection method for free seating office which is wide spreading in these years. The experimental result showed that our communication detection method achieved 0.2 point higher F value than baseline method based on only distance between people. Our communication member detection also improved F value 0.35 point. We also defined three types of communications based on the relationship between a location and a sense of participation, i.e., "two-way participation", "autonomic participation" , and "one-way participation." Social networks derived from these communication types revealed individual's communication pattern and management balance between boss-subordinate relationships.

1. はじめに

我々は、オフィスを対象に人物の行動を解析することで、知的生産性を向上させることを目標に研究を行っている。本研究は、その中でコミュニケーションの発生や

種別に着目することで行動の一部を定量化することを試みた。また、コミュニケーションネットワークの解析により人物間の関係や、フォーマル、インフォーマルの比率といったグループ内の状況を抽出することなどが期待できる。

オフィスにおける人のコミュニケーションの傾向は、コミュニケーションを行う場所に大きく依存していると考えられる。すなわち、コミュニケーション解析においても場所に応じて処理を行うことでコミュニケーションの発生や解析をより正確に行うことが可能になると考えられる。

本研究では、コミュニケーション解析の第一段階として場所に着目したコミュニケーション発生検出を行い、第二段階として検出されたコミュニケーションを場所に応じた参加者の目的意識によって分類・分析を行った。

2. 関連研究

コミュニケーションを検出する研究としては、人物の位置情報を用いるものと、映像データを用いるものと、音声データを用いるものとに分類することができる。

人物の位置情報を用いてコミュニケーション検出を行う研究としては、ウェアラブル型デバイス間の赤外線通信により、人物の対面を検出する研究[1]や、RFID レシーバを部屋に設置し、人物が携帯する RFID タグを検出することによって、レシーバの効果範囲（エリア）ごとにコミュニケーション検出を行う研究[2]が存在する。また、Ara ら[3]は文献[1]で検出したコミュニケーション情報から、人物間のネットワークを作成し、個人、部門の分類を行っている。

映像データを用いてコミュニケーション検出を行う研究としては、カメラ映像から人物の動線を検出し、動線の重なり度合いによってコミュニケーションの検出を行う研究[4]が存在する。

音声データからコミュニケーション検出を行う研究としては、複数のウェアラブル音声収録デバイスから得られる音量やリズムの相関関係からコミュニケーション検出を行う研究[5]が存在する。

これらの研究は、場所に応じて異なる検出方法を適用することはなく、また、検出したコミュニケーションをコミュニケーション参加者の目的意識によって分類も行っていない。

よって、本論文では、場所に応じて異なるコミュニケーション検出方法を適用するコミュニケーション検出システムの提案を行い、そのシステムを使用して検出したコミュニケーションをコミュニケーション参加者の目的意識によって分類を行った上で分析を行う。

3. オフィス・ロギング環境

当研究所では、コミュニケーションの解析を行うために赤外線位置管理システム（スマートロケータ）と、ビデオ記録システムを備えている。

赤外線位置管理システムは、ID 発信機とユーザ端末とそれらを管理する位置管理サーバおよびエリア定義テーブルから構成されている。ユーザ端末は、ID 発信機が発信する赤外線信号を受信し、位置 ID を位置管理サーバに送信する。位置管理サーバは、ID 発信機の位置 ID と実際の位置との対応情報、ユーザ端末の情報を保持しており、ユーザ端末から受信した位置 ID からユーザ端末の位置を特定・管理する。当研究所では、所員全員にユーザ端末を配布し、居室内に ID 発信機をグリッド上に 151 個設置することによって、所内における所員の動きを 1.5m～2m の空間分解能と 3 秒間の時間分解能で取得することができる。

ビデオ記録システムは、カメラと映像記録サーバから実現されている。カメラは、居室内の天井に 23 台設置されており、撮影された映像データは映像記録サーバに保存される。

本論文では、赤外線位置管理システムから得られる人物の位置情報からコミュニケーションの検出を行い、ビデオ記録システムの映像データを用いて、検出精度の評価を行っている。

4. コミュニケーション検出システム

本論文で提案するコミュニケーション検出システムは、位置情報 DB、エリア定義テーブル、ホームポジシ

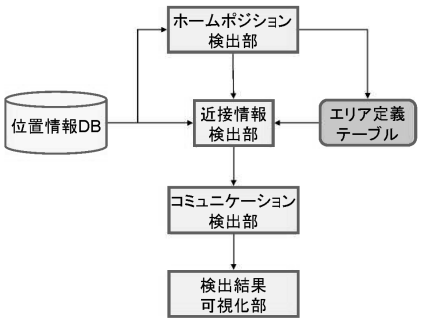

図 1 システム構成

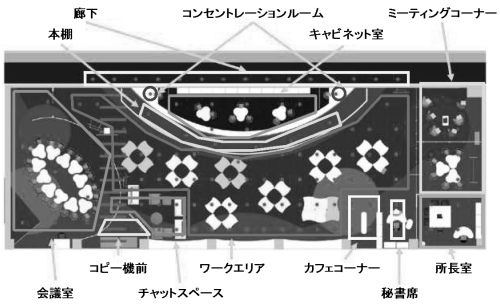

図 2 居室マップ

ョン検出部、近接情報検出部、コミュニケーション検出部、検出結果可視化部から構成される（図１）。近年、オフィスのフリーアドレス化が進み、「ホームポジション（自席）」を事前に登録できないケースが増えてきている。このような問題に対応するためにホームポジション検出部を実装した。

位置情報 DB は、３節で説明した赤外線位置管理システムのデータベースであり、時刻と座標からなる位置情報を人物ごとに格納している。

エリア定義テーブルは、座標とエリアとの対応関係を定義している。エリアとしては、「会議室」、「ミーティングコーナー」、「チャットスペース」、「カフェコーナー」、「秘書席」、「コピー機前」、「所長室」、「コンセントレーションルーム」、「キャビネット室」、「廊下」といった固定された場所と所員たちの自席スペースとして「ワークエリア」を登録している。図２は、居室における ID 発信機の位置とエリアの定義を示している。

ホームポジション検出部は、位置情報 DB から位置情報を取得し、エリア定義テーブルを用いて「ワークエリア」の座標で 1 日を通して最も長く滞在した座標を各人物のホームポジションとして検出し、エリア定義テーブルに登録する。17 名の所員の 28 日間のデータを対象に予備実験を行ったところ検出精度は約 0.997 であった。

近接情報検出部は、位置情報 DB から各人物の位置情報を取得し、エリア定義テーブルを用いて座標からエリアを検出する。全ての人物に対して検出を行った後、人物間の近接を判定し、最終的に時刻、エリア、近接人物リストからなる近接情報を出力する。判定方法としては滞在場所に応じて３つ存在する。「会議室」、「ミーティングコーナー」、「チャットスペース」といった大人数でコミュニケーションを行うことを前提とした広い場所、「所長室」のようなコミュニケーションを行わない状態で複数人が滞在することがない場所に対しては、同じ時刻に、同じエリアに滞在している人物を近接していたと判定する。「ワークエリア」、「カフェコーナー」、「秘書席」、「本棚」、「コピー機前」、「キャビネット室」、「コンセントレーションルーム」、「廊下」に対しては、座標を用い、同じ時刻に、座標間の距離が２m未満である人物を近接していたと判定する。「ホームポジション」に対しては、他者が自分の「ホームポジション」を離れて、2m 未満の領域に存在する場合に、近接していたと判定する。

コミュニケーション検出部は、近接情報検出部から近接情報を取得し、エリアの変化、近接人物の変化、近接期間の長さからコミュニケーション情報を生成する。まず最初に、近接情報を時系列に沿って順番に比較していき、一つ前のレコードに対して「エリアが変化する」、「時刻に５分以上差がある」、「近接人物類似度が閾値を下回る」といった３つの条件のいずれかが当てはまる場合、活動が変化したと判定し、それまでのレコードを一纏めにし、滞在開始時刻、滞在期間、滞在エリア、コミュニケーション人物リストからなるコミュニケーション情報を生成する。コミュニケーション人物リストは、滞在期間に対して、５０％以上の割合で近接していた人物と

する。ここで、近接人物類似度（$v(t)$）を、以下の式で定義し、閾値は0.5とした。

$$v(t)=\frac{|mem(t)\cap mem(t-1)|}{Max(|mem(t)|,|mem(t-1)|)}$$

$$\begin{pmatrix} mem(t)\cdots 時刻tの接触人物リスト \\ Max(a,b)\cdots aとbの大きいほうの値 \end{pmatrix}$$

得られたコミュニケーション情報のうち、コミュニケーションを行っていないと思われるレコードは除外した。除外の条件は、コミュニケーション人物リストが空のレコードと、滞在期間が5分に満たないレコードである。

検出結果可視化部は、コミュニケーション検出部で検出した情報をネットワーク構造として可視化を行う。可視化にはソーシャルネットワーク解析ツールAgna[6]を利用している。

5. コミュニケーション分類手法

本論文で提案するコミュニケーション分類手法は、コミュニケーション参加者の目的意識によって3つのタイプに分類する。

1つ目は、両者が共通の目的意識を持って臨む「双方目的型」である。会議や打合せがこのタイプに当てはまり、システムで検出したコミュニケーションの内、実際に会議、打合せに利用される「ミーティングコーナー」、「会議室」で行われたものが対応する。

2つ目は、誰も目的意識を持たずに臨む「無目的型」である。雑談がこのタイプに当てはまり、システムで検出したコミュニケーションの内、雑談が発生する「カフェコーナー」で行われたものが対応する。

3つ目は、片一方のみが目的意識を持って臨む「片方目的型」である。質問、相談、指示などがこのタイプに当てはまり、このタイプのコミュニケーションは、質問などを受ける側の「ホームポジション」で行われることが多いので、システムが検出したコミュニケーションの内、「ホームポジション」で行われたものが対応する。このタイプのコミュニケーションは、どちらが質問をしたかという方向情報が重要であるので、方向情報もあわせて扱っている。さらに、フリーアドレスオフィスにおいては「ホームポジション」が日によって変動するが、4節で説明したホームポジション検出部を用いて検出を行っている。

6. 実験

本論文で提案するコミュニケーション検出システムの検出性能を評価するために、比較実験を行った。さらに、システムによって検出したコミュニケーションのネットワーク分析実験を行った。

比較実験では、当研究所の17名の所員の内、ある所員の5日間における、他の16名の所員とのコミュニケーションを評価対象とし、3節で説明した映像データを用いて人手で正解セットを作成した。同じ時刻に、座標間の距離が2m未満である人物を近接していたと判定する単純手法と3節で説明した提案手法との検出精度の比較を行った。

評価尺度としては、コミュニケーションの有無とその長さの検出精度としてコミュニケーション検出適合率PR_{COM}と再現率RE_{COM}を用いた。また、コミュニケーションの相手の検出制度としてメンバー検出適合率PR_{MEM}と再現率RE_{MEM}を用いた。さらに、それぞれの適合率・再現率の統合指標として、F_{COM}、F_{MEM}を用いた。

$$PR_{COM}=\sum_{m\in M}CT(m)\Big/\sum_{s\in S}CT(s) \quad , \quad RE_{COM}=\sum_{m\in M}CT(m)\Big/\sum_{r\in R}CT(r)$$

$$PR_{MEM}=\sum_{m\in M}\frac{MM(m)}{SM(m)}CT(m)\Big/\sum_{m\in M}CT(m)$$

$$RE_{MEM}=\sum_{m\in M}\frac{MM(m)}{RM(m)}CT(m)\Big/\sum_{m\in M}CT(m)$$

$CT(i)\cdots i$区間におけるコミュニケーションの長さ
$R\cdots$正解データにおけるコミュニケーション区間集合
$S\cdots$システムの検出したコミュニケーション区間集合
$M\cdots RとS$で重なっている区間集合
$SM(i)\cdots i$区間におけるシステムの検出したコミュニケーション相手の人数
$RM(i)\cdots i$区間における正解データにおけるコミュニケーション相手の人数
$MM(i)\cdots i$区間においてシステムと正解データの両方に出てくるコミュニケーション相手の人数

例えば、図3のような正解データ、解析結果に対して評価を行う場合、正解データ、解析結果、重複区間におけるコミュニケーション区間の合計時間は、各グラフの四角形の横軸における長さの和となり、これら3つの値を用いてPR_{COM}、RE_{COM}、F_{COM}を算出する。メンバー

検出の性能については、重複区間における正解データ、解析結果のメンバーの比較を行う。例えば、t_{s1}からt_{r2}の区間においては、正解データのメンバーが A,B,C で $RM(\mathrm{l})$=3、解析結果のメンバーが A,B,C,D で$SM(\mathrm{l})$=4となり、双方に出現するメンバーは、A,B,C であるので $MM(\mathrm{l})$=3となる。これを全ての重複区間に対して行い、PR_{MEM}、RE_{MEM}を算出し、これら２つを用いてF_{MEM}を算出する。

ネットワーク分析実験では、システムによって検出された 17 名の所員の 30 日間のコミュニケーションの内、5 節で説明した分類手法を用いて分類を行った上で、「双方目的型」に分類される「ミーティングコーナー」、「無目的型」に分類される「カフェコーナー」、「片方目的型」に分類される「ホームポジション」におけるネットワークの特徴や、個人、グループの特徴の抽出を試みた。

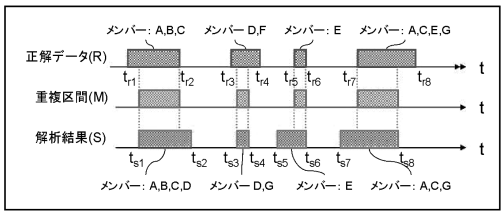

図 3 評価サンプル

7. 結果・考察

評価実験の結果を、表１に示す。全ての評価尺度において、提案手法が単純手法よりも高い精度を達成できた。これは、「会議室」、「ミーティングコーナー」、「チャットスペース」、「所長室」におけるコミュニケーション検出を「人物間の距離」ではなく、「同じ場所に滞在しているか否か」で行っていること、「ホームポジション」が近い人物同士が、お互い「ホームポジション」で個人作業している状態をコミュニケーションとして検出しないようにフィルタリングを行っているからである。

表 1 検出結果

	PR_{COM}	RE_{COM}	F_{COM}	PR_{MEM}	RE_{MEM}	F_{MEM}
単純手法	0.627	0.453	0.526	0.955	0.173	0.292
提案手法	0.873	0.628	0.730	0.970	0.478	0.640

検出することができなかったコミュニケーションのデータを分析したところ、「お互いのホームポジションでの会話」が主な原因だと考えられる。この問題は、位置情報のみでは解決することは困難だと考えられるので、位置情報に加え、加速度、音声の情報を統合的に用いてコミュニケーション検出を行う必要がある。

ネットワーク実験において、「ミーティングコーナー」、「カフェコーナー」のネットワークは、図４、図５のようになった。ネットワーク図は、ノードを人物、コミュニケーション量をエッジで表しており、コミュニケーション量（時間）が長いほど、エッジを濃くしている。図４、図５のネットワーク構造を比較してみると、図４ではグループ内のコミュニケーションが活発なのに対し、図５ではグループ間コミュニケーションが活発なのがわかる。さらに、グループ内コミュニケーション量、グループ間コミュニケーション量の割合を算出したところ表２の様な結果が得られた。この結果を見ると、「カフェコーナー」におけるグループ間コミュニケーション量の割合が、「会議スペース」における割合に比べ３割以上高いことがわかった。これは、「カフェコーナー」では、グループ間のコミュニケーションが活発であることを示している。

表 2 コミュニケーション割合

	コミュニケーション割合	
	グループ内	グループ間
ミーティングコーナー	0.813	0.187
カフェコーナー	0.474	0.526

「ホームポジション」で行われているコミュニケーションは、「上司-部下」関係にある人物のコミュニケーションが多かったので、「上司-部下」のコミュニケーションのネットワークを作成したところ図６のようになった。このネットワーク図において、エッジの始点は相手のホームポジションに出向いた人物、終点は自分のホームポジションに来られた人物を表している。このネットワークを見ることによって、「積極的に相談を行う」といった個人の特性や、マネージメントのバランスなどが見え

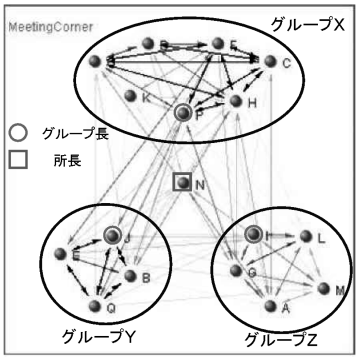

図 4 ネットワーク図（会議スペース）

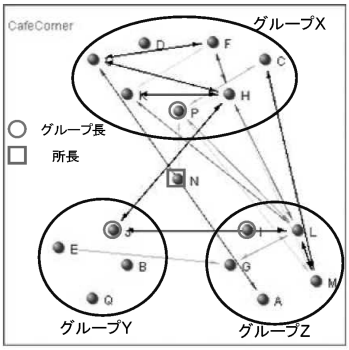

図 5 ネットワーク図（カフェコーナー）

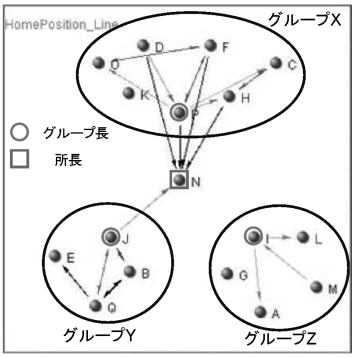

図 6 ネットワーク図（ホームポジション）

てくる。例えば、P-F は P が上司、F が部下という関係、I-L は I が上司、L が部下という関係であり、P-F 間では「相談」と「状態チェック」のバランスが良いのに対し、I-L 間では、L があまり I に相談を行っていないことがわかった。

8. おわりに

本論文では、場所に着目し、コミュニケーション発生の検出の高精度化と、参加者の目的意識の分類を試みた。コミュニケーション発生の検出評価を行ったところ、人物間の距離のみを用いた単純手法よりもコミュニケーションの検出 F 値で 0.2、コミュニケーション相手の検出 F 値で 0.35 高い性能を示すことができた。また、「双方目的型」、「無目的型」のコミュニケーションにおけるネットワークを比較したところ、「無目的型」では、グループ間コミュニケーションが活発であることがわかった。さらに、「片方目的型」の内、「上司-部下」関係のコミュニケーションに着目することによって、個人の特性、マネージメントバランスが見えてくることがわかった。さらに、フリーアドレスオフィスに適用できるよう「ホームポジション」の検出機能の実装も行った。

今後の課題としては、ホームポジション同士でのコミュニケーション検出方法の構築、ネットワーク分析の定量評価などが挙げられる。

参考文献

[1] 鈴木敬，矢野和男："センサはウェブを越える：省力化から知覚化へ"，電子情報通信学会技術報告書ユビキタスネットワーク，Vol.107，No.53，pp.13-18，2007

[2] Keiichi Nemoto，Masamichi Takahashi，Nobuhiro Yamasaki："A Measurement Method for Organizational Behaviors using Location Logs，CollabTech2008，2008

[3] Koji Ara，Naoto Kanehira，Daniel Olguin，Benjamin N. Waber，Taemie Kim，Akshay Mohan，Peter Gloor，Robert Laubacher，Daniel Oster，Alex (Sandy) Pentland，Kazuo Yano："Sensible Organizations: Changing Our Businesses and Work Styles through Sensor Data"，Journal of Information Processing，Vol.16，pp.1-12，2008

[4] 今野秀太郎，佐治正宏，松本裕司，仲隆介，山口重之："オフィス環境における行動調査支援ツールに関する研究"，日本建築学会・情報システム技術委員会第 30 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2007，2007

[5] 岡本昌之，池谷直紀，西村圭亮，菊池匡晃，長健太，服部正典，坪井創吾，芦川平："端末音声の相互相関に基づくアドホック会話の検出"，日本データベース学会論文誌，Vol.7，No.1，pp.163-168，2008/

[6] Agna，http://www.geocities.com/imbenta/agna/