

# 実社会の対面コミュニケーションにおける 身体運動同調と推移性の関係\*

○天野俊一 浅見篤 小川健一朗 三宅美博 (東京工業大学)

**概要** 我々の研究グループでは、身体運動の同調現象とネットワーク構造の関心に注目してきた。本稿では、実社会の企業組織における対面コミュニケーション時の身体運動の同調現象と推移性との関係の分析<sup>9)</sup>について紹介する。本研究では、実組織の各曜日における対面コミュニケーション時の身体運動の同調度に基づいて、対面ネットワークを複数のネットワークに分割し、各ネットワークの三角構造の割合を示す構造指標である推移性と身体運動の同調度との関係を分析した。その結果、推移性と身体運動の同調度に有意な相関が見られた。

**キーワード:** 対面コミュニケーション, ネットワーク構造, 身体運動の同調現象, ウェアラブルセンサ

## 1 緒言

コミュニケーションには言語的な側面と非言語的な側面が存在する。非言語的なコミュニケーションは、頷きなどの無意識的な身体運動として表現される。このような無意識的な身体運動は、言語的なコミュニケーションを円滑にする役割を担うと考えられる。

コミュニケーションにおける身体運動に着目した先行研究として、2者間の対面コミュニケーション時の身体運動の同調現象に着目したものがあ。例えば、ジョークの掛け合いを行う2者間の身体運動が同調すること<sup>1)</sup>、心理臨床対話時にカウンセラーとクライアントの間で身体運動が同調すること<sup>2)</sup>が報告されている。また、グループにおいて、リーダーの頷きと姿勢変化が、メンバーの頷きと姿勢変化に同調することも報告されている<sup>3)</sup>。さらに、対話における合意の度合いが高まるにつれて、頷きがより同調することも明らかになっている<sup>4)</sup>。このように、実験室環境においては身体運動の同調の分析や、その意味にまで踏み込んだ議論がなされている。さらに、コミュニケーションの内容や時間が統制された実験室環境だけでなく、実社会における企業組織内でも対面コミュニケーション時に身体運動が同調することも確認されている<sup>5)</sup>。

しかしながら、先行研究<sup>5)</sup>はコミュニケーションにおいて重要と考えられる対面ネットワーク構造については考慮していない。身体運動の同調と対面ネットワーク構造の関係が明らかになれば、身体運動の同調の観点から組織の診断・支援を行うことも可能になると期待される。

以上の先行研究を踏まえ、我々の研究グループでは身体運動の同調現象とネットワーク構造の関心に注目してきた。具体的には、実社会の企業組織の身体運動の同調の強さと複数のネットワーク構造指標の関係を分析し、それらの相関傾向を明らかにした<sup>6)</sup>。また、我々は相関傾向が見られたネットワーク構造指標のうち、推移性という指標に着目した<sup>7)</sup>。推移性はネットワーク中の三角構造の割合を示す指標であり、多人数の問題を考える上で特に重要な指標であると考えられる。

本稿では、我々の研究グループで行った実社会の企業組織における対面コミュニケーション時の身体運動の同調現象と推移性との関係の分析<sup>9)</sup>について紹介する。身体運動の同調現象と推移性との関係を明確にすることで、身体運動を組織の状態の評価などへ応用することも可能になることが期待できる。

## 2 方法

### 2.1 対象組織

本研究で対象とする組織をTable 1に示す。ここで、参加者とは計測期間内に1回以上他者と対面コミュニケーションを行った人数である。また、計測日数は、土日祝日を除く、計測期間内に1回以上対面コミュニケーションがなされた日数である。各組織から提供されたデータはワールドシグナルセンタ(株式会社日立製作所)によって管理および提供された。

### 2.2 計測装置

本研究では、対面コミュニケーション時の身体運動の計測にあたり、空間3軸加速度計および赤外線送受信機を搭載した名札型ウェアラブルセンサ(ビジネス顕微鏡<sup>8)</sup>、株式会社日立製作所: Fig.1)を使用した。このセンサは参加者の首から下げるように装着され、装着されている時間内に各軸の身体運動の加速度と対面情報を記録する。装着される時間は、入社時から退社時までである。本研究では、各軸の身体運動の加速度から以下のように算出した特徴量を分析対象として用いる。まず、計測された各軸の加速度をもとに加速度ノルムの時間変化を算出する。次に、加速度ノルムの10[秒]ごとの平均値を求め、加速度ノルムが平均値ラインをクロスする回数を求める。この回数を1分毎に平均した値を身体運動の特徴量とする。以降、これを身体運動の振動数 $\omega_i(t)$  [Hz]と呼ぶ。ここで、 $i$ は参加者のラベル、 $t$ は時刻のラベル[分]である。対面情報の記録は、センサの赤外線送受信機を用いて行う。この赤外線送受信機は、左右

\*本研究はヒューマンインタフェースシンポジウム 2015<sup>9)</sup>で発表したものである。

Table 1 Organization for Analysis

	Organization A	Organization B	Organization C	Organization D
Type	R & D	Wholesale	Development	Consultant
Participants	158	211	1463	133
Days	43	47	58	33

120[度], 上下60[度], 距離2[m]以内にある他のセンサIDを記録し, 記録は1分毎に保存される. また, 各時刻における対面情報に対して三角形補完を行う. これは, ある3人*i, j, k*において, *i* と *j* が対面し, さらに *j* と *k* が対面する場合, *i* と *k* も対面しているとみなす補完である.

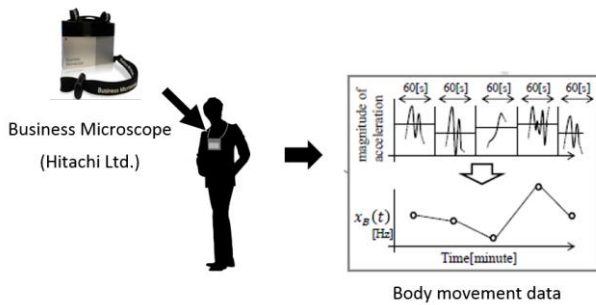


Fig. 1 Business Microscope

### 2.3 分析データ

ここまでの方法で観測されたデータはすべて1日ごとに分けて保存されている. ここで, 実際の組織内での活動には, 1日や1週間など様々な単位となる時間区間が存在し, 異なる時間区間内ではコミュニケーションの状況も異なることが予想される. それに応じて, 異なる時間区間内のネットワーク構造も異なることが予想される. そこで, 本研究では上記のデータを1週間の曜日ごとに分類し, 全観測期間の曜日ごとにまとめたデータを用いて分析を進めた.

### 2.4 身体運動の同調の強さの指標

本研究では身体運動の同調の強さに基づきネットワーク構造を分析する. 身体運動の同調の強さを示す指標として, 2者間の対面コミュニケーション時のそれぞれの身体運動の振動数差を用いる. これを, 身体運動の類似度 $\Delta\omega_{ij}(t)$ と呼ぶ. ある2者*i, j*に対して類似度は

$$\Delta\omega_{ij}(t) = |\omega_i(t) - \omega_j(t)| \quad (1)$$

となる. これを対面する全てのペア(*i, j*)について算出する.

### 2.5 対面ネットワークの分割

身体運動の同調現象と組織内のネットワーク構造の関係を調べるために, 2.4で定義した身体運動の類似度に基づいて組織の対面ネットワークを分割する. なお, 対面ネットワークにおいて, ノードはユーザを, エッジは対面コミュニケーションを表す.

対面ネットワークの分割は, 以下の手順で行う.

1. 特定の単位時間内における全対面コミュニケーション時の身体運動の類似度を求める.
2. 1.で求めた身体運動の類似度を*n*等分するように, 閾値を設ける. 閾値に基づき, 各対面コミュニケーションを類似度別に分類する.
3. 各類似度帯に含まれる対面イベントのみの対面ネットワーク (サブネットワーク) を構成する.

以上の操作を行うことにより, 組織の対面ネットワークから類似度別に*n*個のサブネットワークが生成される. ここで, 各サブネットワークに含まれる対面コミュニケーション時の平均類似度をそのサブネットワーク全体の類似度を示す特徴量として定義する.

### 2.6 ネットワーク構造指標

各サブネットワークのネットワーク構造を定量的に評価するにあたり, ネットワーク構造指標の推移性を用いた分析を行う. 推移性はネットワーク内の推移関係を定量化するための指標である. 推移関係とは, 3個のノード*i, j, k*について, *i* と *j* の間にエッジが存在し, *j* と *k* の間にエッジが存在する場合に, *i* と *k* の間にもエッジが存在する関係である. 推移性*T*はこのような推移関係がネットワーク全体においてどのくらい存在するかという比率を表す指標であり,

$$T = \frac{(i \text{ と } k \text{ が接続する組の数})}{(i \text{ と } j, j \text{ と } k \text{ が接続する } 3 \text{ つ組 } (i, j, k) \text{ の数})} \quad (2)$$

と表現される.

### 2.7 統計分析

2.5 で求めた各サブネットワークにおける振動数差と推移性の関係を求めるために相関分析を行った. 今回はそれぞれの指標に正規性が見られなかったため, スピアマンの順位相関係数を用いて無相関検定を行った.

## 3. 結果

Fig.2 は特定の曜日の対面ネットワークを身体運動の類似度に基づいて 40 分割(*n*=40)し, それぞれのサブネットワークにおける振動数差と推移性をプロットしたものである (組織 D の結果を示す). 横軸は身体運動の類似度, 縦軸は各サ

**Table 2** Result for test for no-correlation between similarity of body movement and transitivity on each sub-network

	A	B	C	D
Monday	0.091	0.007	-0.828**	-0.507**
Tuesday	0.031	-0.155	-0.771**	0.094
Wednesday	-0.182	-0.322*	-0.831**	0.026
Thursday	-0.498**	-0.370**	-0.567**	0.116
Friday	-0.037	-0.115	-0.743**	0.335*

ブネットワークの推移性である。身体運動の類似度は、0[Hz]に近いほど身体運動がより同調していることを示している。また、(i)は身体運動と推移性の間に強い相関が見られた日であり、(ii)は両者の相関が見られなかった日である。

Table 2 に身体運動の類似度と各サブネットワークの推移性との間でのスピアマンの順位相関係数の値を示す。Table 2 から、いずれの組織においても振動数差と推移性との間に有意な相関が見られる曜日が必ず存在することが分かる。

さらに、Fig.3 に各曜日において相関が有意に見られる曜日における、類似度が最大のサブネットワーク(i)と類似度が最小のサブネットワーク(ii)を示す(組織 D の結果を示す)。各ネットワーク図において、黒い線は三角構造なしている部分であり、エッジの太さはエッジの重みを表している。ここで、エッジの重みは各類似度帯に属するその2者間の対面コミュニケーションの回数であり、重みが大きいほどその2者間の身体運動の類似度が対象の類似度帯に多く属することを意味する。Fig.3 から、類似度の高いサブネットワークのほうが、類似度の低いサブネットワークと比較して三角構造の数が多いことが分かる。

#### 4. 考察

以上の結果から、いずれの企業組織内での対面コミュニケーションにおいても、1週間のうちの1日以上、身体運動の類似度とネットワークの推移性との間に有意な相関関係があることが明らかになった。つまり、コミュニケーション時の身体運動の同調現象と推移性の間に、明確な関係性があることが示された。このことは、身体運動の同調の強さが強くなるに従い、ネットワークの推移性が高くなる傾向にあることを示唆する。

ここで、本研究で注目してきた身体運動の同調現象の意味を、3者間の三角構造を示す指標である推移性の観点から考察する。本研究において、推移性は2者間対面のうち3者間対面を構成したものの割合、すなわち2者間コミュニケーションの3者間コミュニケーションへの移行しやすさ(移行の蓋然性)を意味する。これは、推移性の高さが3者間コミュニケーションの形成しやすさを表すことを示唆する。さらに、推移性と身体運動の同調に相関関係があることを踏まえれ

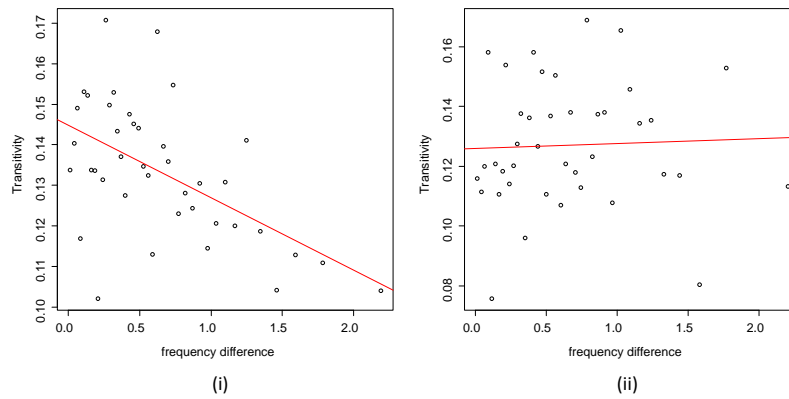
ば、身体運動の同調によって3者間コミュニケーションが形成されやすくなることが示唆される。

社会心理学の研究においては、3者間の関係が心理的に均衡する状態になる構造は三角構造であり、反対に3者間の関係が三角構造でない場合、その構造は社会的な緊張状態を引き起こすということが示されている<sup>8)</sup>。これは、社会における各個人が、コミュニケーションを通じて、例えば「友人の友人は友人である」というような、自然な三角構造に向かうことを意味する。本研究の結果により、このような社会心理学的な知見が、身体運動の同調現象と関連することも示唆される。

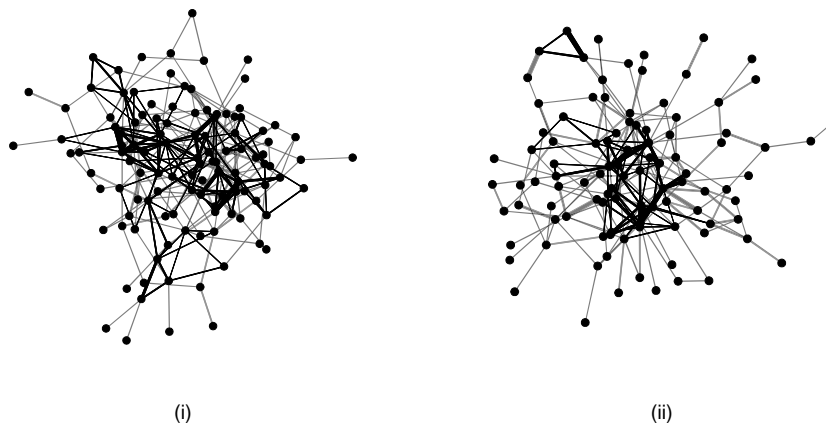
一方で、身体運動の同調がどのように3者間コミュニケーションを促すか、というメカニズムの解明も重要であると考えられる。このようなメカニズムについて調べるための方法として、社会的ネットワーク構造や同調度合いの時間的変動を考慮して分析することが考えられる。この点については今後の課題として残されている。

#### 5. 結言

本研究では、実社会の企業組織を対象として、対面コミュニケーション時の身体運動の同調現象と対面ネットワークの推移性との関係を特定の時間区間を設けることで分析した。具体的には各曜日における対面コミュニケーション時の身体運動の同調度に基づいて対面ネットワークをサブネットワークに分割し、各サブネットワークの推移性と身体運動の同調度との関係を分析した。結果として、身体運動の同調度と推移性との間に有意な相関が見られた。



**Fig. 2** Relationship between similarity of body movement and transitivity on each sub-network (organization D)



**Fig. 3** Network structures with highest (i) and lowest (ii) similarities of body movements (organization D)

## 参考文献

- 1) R.C. Schmidt, L. Nie, A. Franco and M.J. Richardson: Bodily synchronization underlying joke telling, *Frontiers in human neuroscience*, **Vol.8**, 633(2014)
- 2) 小森, 長岡: 心理臨床対話におけるクライアントとカウンセラーの身体動作の関係—映像解析による予備的検討, *認知心理学研究*, **Vol.8**, No.1, pp.1-9 (2010).
- 3) S. Feese, B. Arnrich, G. Tröster, B. Meyer and K. Jonas: Quantifying behavioral mimicry by automatic detection of nonverbal cues from body motion, *Proceedings of the 2012 ASE/IEEE International Conference on Social Computing and 2012 ASE/IEEE International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust*, pp. 70-75(2013).
- 4) Y. Inoue, E. Ono, J. Kwon, M. Motohashi, D. Ikari, K. Ogawa and Y. Miyake: Head motion synchronization in the process of consensus building, *Proceedings of the 2013 IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, pp. 70-75 (2013).
- 5) N. Higo, K. Ogawa, J. Minemura, B. Xu, T. Nozawa, T. Ogata, K. Ara, K. Yano and Y. Miyake: Interpersonal Similarity between Body Movements in Face-To-Face Communication in Daily Life, *PloS ONE*, **Vol.9**, e102019 (2014).
- 6) 峰村, 徐, 小川, 荒, 矢野, 三宅: 実社会における身体運動の類似度に基づくネットワーク構造の解析, 第26回自律分散システム・シンポジウム予稿集, pp.233-238 (2014)
- 7) Y. Wakisaka, K. Ara, M. Hayakawa, Y. Horry, N. Moriwaki, N. Ohkubo, N. Sato, S. Tsuji and K. Yano: Beam-scan sensor node: Reliable sensing of human interactions in organization, *Proceedings of the 6-th International Conference on Networked Sensing Systems*, pp.58-61 (2009).
- 8) Louch H.: Personal network integration: transitivity and homophily in strong-tie relations, *Social Networks*, **Vol.22**, No1, pp.45-64(2000).
- 9) 浅見, 小川, 荒, 矢野, 三宅: 実社会の対面コミュニケーションにおける身体運動同調とネットワーク推移性の関係, ヒューマンインタフェースシンポジウム2015予稿集, pp.953-958(2015)