

会議システムを使ったコミュニケーションのマルコフ分析

01506781 北海学園大学経済学部 福永 厚 FUKUNAGA Atsushi

1. はじめに

情報機器や通信コストの低価格化に伴い、企業においてテレビ会議などの会議システムの導入が増えつつある。しかし、会議システムを真に有効に使うには、会議システムを使ったコミュニケーションが対面とどのように違うかといったコミュニケーションの特徴を捉えることが重要である。本稿では、コミュニケーションを分析する方法の一つとして会議における発言の移り変わり(発言遷移)をマルコフ過程とみて分析する方法を提案し、実際にその方法を用いてテレビ会議と対面とのコミュニケーションの比較に適用する。

2. マルコフ分析手法

2.1 発言データ

会議において誰が発言しているかを符号化する。その際に、発言の移り変わりのみに着目して一つの発言をその発言者で符号化していく event sequence data と、一定時間間隔ごとにその時点で誰が発言しているのかを符号化する timed event sequence data があり、ここでは前者を用いる。例えば、3人での会議を想定し、参加者に番号 1,2,3 を振り、誰が発言したかを順に記録する。参加者1が発言し、次に参加者2が発言し、次に3,2,1,3,2...と続いた場合、event sequence data では、データとして 1232132...を用いる。このデータには、11 のような同一人の符号の連続が現れない。event sequence data では発言の持続時間を反映しないが、発言の移り変わりの特徴を反映し、符号化も容易で、データの数も少なくすむ。

2.2 1次のマルコフ過程

発言遷移を1次のマルコフ過程と見る。即ち、発言は直前の発言に対してのみ依存し、それ以前の発言には依存しないとする。発言者は多くの場合、直前の発言を受けて発言すると考えられる。しかも、event sequence data では自分の後に自分が続くという event はないのであるから形式の上においても独立ではない。さらに、発言遷移の確率は、会議全般を通じて変わらないという定常性が仮定される。話すテーマが同じで同じメンバーならば、それ程発言遷移確率は変わらないと考えられる。

後の適用例に対応して参加者3人(参加者に

1,2,3 と番号をつける)で行う会議を想定する。状態は参加者 1,2,3 の3つで、発言はこれらの参加者間で移り変わっていく。状態遷移図が図1に示される。event sequence data では同じ状態間の遷移 $i \rightarrow i$ はなく、異なる状態間では全て相互到達可能で周期1の既約でエルゴートの、即ち、正則なマルコフチェーンである。

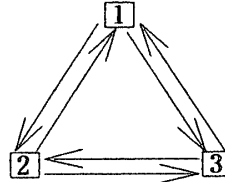


図1 1次過程の状態遷移図

p_{ij} を状態 $i \rightarrow j$ への1次推移確率とすると、1次推移確率行列 P_1 は、

$$P_1 = \begin{pmatrix} 0 & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & 0 & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

となる。ここで $p_{12} + p_{13} = 1, p_{21} + p_{23} = 1, p_{31} + p_{32} = 1$ である。 $x = p_{12}, y = p_{23}, z = p_{31}$ とおくと、(1)式は、

$$P_1 = \begin{pmatrix} 0 & x & 1-x \\ 1-y & 0 & y \\ z & 1-z & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

と表される。ここで、 x, y, z は $0 \leq x, y, z \leq 1$ を満たす。発言データの場合、十分な時間のデータをとり、又、特定の参加者のみが発言するというような特殊な会議でなければ、全ての可能な発言遷移確率は0でないと思なしてよいから、 $x, y, z \neq 0, 1$ として良い。

正則なチェーンにおける平均到達時間 h_{ij} は (2) 式の P_1 を用いて、

$$\begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{c}{b_y} & \frac{2-x}{b_x} & \frac{1+x}{b_x} \\ \frac{1+y}{b_y} & \frac{c}{b_x} & \frac{2-y}{b_x} \\ \frac{2-z}{b_y} & \frac{1+z}{b_x} & \frac{c}{b_x} \end{pmatrix} \quad (3)$$

と表される。ここで、 $b_x = 1-x+xy, b_y = 1-y+yz, b_z = 1-z+zx, c = 3-x-y-z+xy+yz+zx$ である。状態 $i \rightarrow j$ への平均訪問時間 v_{ij} は、 $v_{ij} = 1/h_{ji}$ で計算される。

2.3 2次過程

2次過程とは $i \rightarrow j \rightarrow k (i \neq j, j \neq k)$ と直前の発言者 j だけでなく、その一つ前の発言者 i も考慮することである。従って、1次状態 j から k の1次遷移ではなく、2次状態 ij から jk へ2次遷移が起きたと見るのである。3人の場合は、6通りの状態が考えられる。2次状態 ij を \boxed{ij} と表す。2次過程の状態遷移図が図2に示される。正則なマルコフチェーンである。

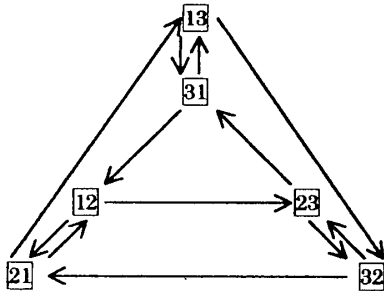


図2 2次過程の状態遷移図

p_{ijk} を状態 $ij \rightarrow jk$ への2次の推移確率とすると、2次の推移確率行列 P_2 は、

$$P_2 = \begin{matrix} \text{状態} & \boxed{12} & \boxed{23} & \boxed{31} & \boxed{21} & \boxed{13} & \boxed{32} \\ \begin{matrix} \boxed{12} \\ \boxed{23} \\ \boxed{31} \\ \boxed{21} \\ \boxed{13} \\ \boxed{32} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & p_{123} & 0 & p_{121} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{231} & 0 & 0 & p_{232} \\ p_{312} & 0 & 0 & 0 & p_{313} & 0 \\ p_{212} & 0 & 0 & 0 & p_{213} & 0 \\ 0 & 0 & p_{131} & 0 & 0 & p_{132} \\ 0 & p_{323} & 0 & p_{321} & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

で表される。 p_{ijk} は確率なので、 $i \neq j, j \neq k$ に対して $0 \leq p_{ijk} \leq 1$ を満たし、また各行の和は $p_{ijk} + p_{jik} = 1$ を満たす ($i \neq k$)。平均到達時間、平均訪問時間が計算できる。

(尚、3次の過程は紙面の都合で省略)

3. マルコフ分析の適用例

3.1 比較するシステムの概要

テレビ会議における会話相手の識別性を評価する実験¹⁾の解析に上記の方法を適用する。テレビ会議における識別性の問題とは、通常他会議室における複数人は1台のカメラでとられ、同一のテレビ画面に表示されるので他会議室の人が誰に向いているかわからず個々に識別しにくいことである。そこで、この点を改善するテレビ会議システムとして個別表示環境(他会議室の複

数人を別々のカメラでとらえ、別々のテレビ画面に表示する環境)と視線一致環境(個別表示環境における各ディスプレイにハーフミラーを取り付け視線一致を可能にした環境)を、通常のテレビ会議に対応する共通表示環境(各参加者の前の一つのテレビ画面に他の参加者を全て表示する環境)と、対面環境(机を囲んで face-to-face で会議を行う環境)とでそのコミュニケーションを比較した。3人1組の被験者2グループが全ての会議環境において会話し、その会議のビデオから event sequence data を作成した。

3.2 結果

各被験者グループの各環境ごとの発言データを前半部と後半部に二等分し、各部と全体の推移確率を比較したところ、ほとんど推移確率は変化していなかったため、定常性の仮定は成立すると考えられる。

平均訪問時間 v_i は個々の状態への時間を見ても環境による差の傾向は一概に言えなかった。そこで v_i の標準偏差を計算した(表1)。1次過程、2次過程ともに共通表示に比べて、対面の値が小さくなっている。標準偏差が小さいとは状態ごとの達する時間が近いことを示し、対面環境の方が共通表示環境に比べて3つ状態に均等に訪問していることを意味している。つまり、対面の方が通常のテレビ会議に対応する共通表示より、参加者が均等に発言しているといえる。個別表示と視線一致環境の標準偏差も、共通表示の値より小さく、対面の値に近くなっている。同様に、平均到達時間 h_{ij} の平均値と標準偏差を計算した。平均値をみると、グループ1と2両方において、対面の値が共通表示より小さく、個別表示と視線一致における値は、共通表示より対面の値に近くなっている。標準偏差をみても、対面の方が共通表示より値が小さく、各状態への遷移が均等化している。以上のことは識別性が改善されると、対面に近くなって参加者が発言しやすい環境になっていることを示す。これらの結果は、以前の結果とも矛盾がなく、平均訪問時間、平均到達時間は会議の特徴を示す指標になりえる。

1) 福永他「テレビ会議コミュニケーションの評価」計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会『ヒューマン・インタフェース研究論文集』Vol.3, No.1, 1994, pp.53-60.

グループ	環境	平均訪問時間の標準偏差		平均到達時間の平均値		平均到達時間の標準偏差	
		1次過程	2次過程	1次過程	2次過程	1次過程	2次過程
1	共通表示	0.122	0.135	3.02	6.00	1.77	7.40
	個別表示	0.094	0.103	2.69	2.88	1.24	3.18
	視線一致	0.039	0.048	2.38	1.48	0.61	1.84
	対面	0.086	0.094	2.62	2.64	1.11	2.94
2	共通表示	0.053	0.058	2.43	2.22	0.66	2.65
	個別表示	0.033	0.036	2.37	1.23	0.56	1.53
	視線一致	0.049	0.055	2.42	1.66	0.69	1.93
	対面	0.029	0.033	2.36	1.20	0.55	1.37