

Scaling the quality of teammates' mental models: equifinality and normative comparisons

John E. Mathieu, Tonia S. Heffner, Gerald F. Goodwin, Janis A. Cannon-Bowers And
Eduardo Salas

Journal of Organizational Behavior 26 (2005), 37-56

Introduction

- ・ 科学技術の発展や浸透に伴って複雑化した組織構造を'チーム'として考えることが重要 (Guzzo & Dickson)

チームの定義 (Morgan)

「特定の共有された価値の持つ課題を二人がダイナミックに独立かつ適応的な仕方で相互作用する」

本研究の概要

1. 個々人のインプットの仕方がチームのプロセスとパフォーマンスにどのような影響を及ぼすのかを検討
2. 個々人のメンタルモデルに関する規範的な指標を算出
3. メンタルモデルの質と共有度の指標がプロセスやパフォーマンスにどのような影響を及ぼすのかを検討

SMM (Shared mental model) : チームメートのメンタルモデルの共有度に関する指標

メンタルモデルの共有 : 他のチームメンバーと共通した知識や構造的な理解

- ・ 共通の認識がチームのプロセスに及ぼす影響を検討(Cannon-Bowers & Salas)
- ・ メンタルモデルの共有度がチームのプロセスやパフォーマンスに関して正の相関関係

チームに内在する多種のメンタルモデル (Cannon-Bowers)

1. 課題に関するモデル : task SMM
2. チームに関するモデル : team SMM

QMM(quality mental model) : チームにおける個々人のメンタルモデルの質に関する指標

■メンタルモデルの共有 (SMM) がチームのプロセスやパフォーマンスに対して直接的に影響するとは限らない (Webber)

→メンタルモデルが質的にもよくなければプロセスやパフォーマンスはよくなる

- ・ 被験者のSMMとQMMをエキスパートに評定させた結果、パフォーマンスとプロセスに相関関係 (Marks)
- ・ 課題に取り組む際におけるメンバー間の異質なメンタルモデルの可能性

(Smith-Jentsch)

—本研究では、質的な良し悪しに伴った異なる性質のメンタルモデルの存在を仮定
→基準となるエキスパートの質的メンタルモデルを測定し、異なる性質のモデルを作る
ことによって質的に異なったメンタルモデルをもつ被験者を測定する

Team process : 集団の目的が遂行される過程で用いられる認知的、言語的、行動的な活動を測定する

- ・ チームプロセスには task や team SMM が影響し、パフォーマンスに対しては媒介的な影響 (Mathieu)

仮説 : Figure 1

- ・ SMM がプロセスに影響する

(H1): task SMM → process

(H2): team SMM → process

- ・ プロセスがパフォーマンスに及ぼす影響

(H3): team process → performance

QMM がプロセスに影響する

(H4): task QMM → process

(H5): team QMM → process

各評定値におけるメンタルモデルの共有度と質のインタラクションがプロセスに影響

(H6): task QMM × task SMM → process

(H7): team SMM × team QMM → process

Organizational Context

本研究の位置づけ

現実世界で生じる現象を実験室で再現

利点

- ・ 課題や状況間の詳細な比較が可能

問題点

- ・ 用いた課題や被験者の性質に依拠している可能性
- ・ 現実のフライトシミュレーションを完全に再現しているとはいきれない

本実験で利用した課題の性質

- ・ 個々人が協調しあって取り組まなければ遂行できない課題
- ・ 課題には複数の異なった方略が存在

→チームのメンタルモデルやプロセス、パフォーマンスの関連を測定するには十分なもの

Method

Sample

被験者

- ・ 148 人 (男 63 女 69 未報告 16)
- ・ 2 名 1 組でチームを編成
- ・ 70 チームが分析の対象

Task apparatus

課題

- ・ 飛行シミュレーション課題 : Falcon3.0

環境

- ・ PC、ジョイスティックとキーボード
- ・ 談話を記録するためのビデオ
- ・ 被験者を異なる位置に配置

Procedure

手順

- ① シミュレーション過程のオーバービューを観察
 - ② 一人が操縦し、一人が情報収集する
 - ③ 実際にミッションを経験する
 - I (mission1,2)
 - II (mission3,4)
 - III (mission5,6)
- 各ミッションは 10 分

Measures

Performance

ミッション遂行における個人の目標

- ① 生存 (3 ポイント)
- ② 指定されたルート of 飛行 (2 ポイント)
- ③ 敵飛行機の撃墜 (1 ポイント)

パフォーマンス

- ・ 2 (× 3) つのミッションで得られた得点

Team process

測定方法

- ・ ビデオで記録した談話過程を 2 人の観察者が評価

評定項目 (Brannick et al)

- ① リーダーシップ
- ② 主張性
- ③ 意思決定
- ④ 適応性/柔軟性
- ⑤ 状況把握
- ⑥ コミュニケーション

評定値

1～5までの5段階評定 (BARS Format)

一致率

二人の評定者の一致率： $r=0.65$, $p<0.01$

Mental models

評定課題

- ・ 課題 (Task) と、チーム (Team) に関するメンタルモデル
- ・ 複数の属性に関する関連度の評定

評定項目

- ・ 9点評定：-4 (不の関連) ,0 (関連なし) ,4 (正の関連)

Task メンタルモデル (Backer, Salas & Cannon-Bowers)

- ① 潜水/クライム
- ② 勾配/レーダー
- ③ 移動速度
- ④ 選択/射撃
- ⑤ 解読/解釈
- ⑥ 敵の捕獲
- ⑦ 敵の脱出
- ⑧ チャフ

Team メンタルモデル (Brannick et al)

- ① リーダーシップ
- ② 主張性
- ③ 意思決定
- ④ 適応性/柔軟性
- ⑤ 状況把握
- ⑥ コミュニケーション

Mental model centrality and sharedness

メンタルモデルの測定：社会ネットワーク分析プログラム (UCINET)

—個人のメンタルモデルを構成する中心的な特徴を抽出する方法として採用

- ・ 中心的な特徴は、ある特性と全体の分布における特徴との関連性や相関関係の測度を表す
- ・ 基本的にはMDS（多次元尺度構成法）に基づく

高中心性得点

ある特性が項目内のほかの特性との関連が高い状態

低中心性得点

ある特性が項目内のほかの特性との関連が低い状態

情報の共有度の測定：(QAP)

- ・ UCINETによって抽出された個人間の得点の相関係数を算出
→チームメイト同士で近似するパターンを示す指標

Normative mental models

—課題の性質 (task) とチーム (Team) のメンタルモデルに関する規範的な指標を算出

- ・ それぞれのメンタルモデルにおける相対的なレベルも算出

手順

- ① 被験者の回答したメンタルモデルの指標をグループ化
- ② 被験者の指標をエキスパートによってグループ化されたメンタルモデルの指標に相対的に近似するパターンにプロット

Normative task models

エキスパートのメンタルモデル

- ・ 25名の熱狂的フライトシミュレーションプレイヤーをインターネットで募集
- ・ 実験の被験者が行ったのと同じ評定を行う
- ・ UCINETによって算出された中心的な特徴を抽出
- ・ 抽出された得点をクラスター分析 (Ward's criterion) にかける
- ・ 5つのグループに分類：F(4, 31)=3.02, p < 0.05 →table 1
- ・ グループの種類×ゲームの性質→figure2

検定の結果：

主効果

タスククラスター： F(4, 30)=28.27, p < 0.001

タスク属性： F(7, 210)=51.46, p < 0.001

交互作用

F(28, 210)=80.57, p < 0.001)

被験者の *Task QMM* :

- 各クラスターによって分類されたエキスパートの中心値得点をすべての被験者の中心値得点と近似するものにマッチング
- マッチされたグループの平均中心性得点を *Task QMM* として用いる

Normative team models

エキスパートのメンタルモデル

- 軍事、組織研究を行っている2つの研究室における専門家58名が参加
- 実験に参加した被験者が行ったものと同様の評定と自身の経歴を記入
- 抽出された得点をクラスターにかける
- 3つのグループに分類 : $F(8, 104)=2.42, p < 0.05$. →Table 2
- グループの種類×グループの性質→figure3

検定結果 :

主効果

チームクラスター : $F(2, 55)=140.97, p < 0.001$

チーム属性 : $F(5, 275)=0.40, n.s.$,

交互作用

なし : $F(10, 275)=0.91, n.s.$

被験者の *Team QMM* :

• *Task*メンタルモデル同様、3つのクラスターに分類し、分類したグループの平均値中心性得点を *Team QMM* として用いる

Results

Changes over time

相関関係と記述統計の結果→table3

1. team と task SMM、team と task QMM

→時間軸上に有意な相関関係はない

team と task SMM : ($M r=0.06, n.s.$)

team と task QMM : ($M r=0.14, n.s.$)

2. 反復測定

→チームプロセスにおいて時間軸上の効果

2回目から3回目にかけて $F(2, 68)=4.16, p < 0.05$;

—先行研究との一致 (Mathieu)

RMMR path analysis

チームのパフォーマンスとの関連を見るための分析

- ・ RMMR を用いる：「チームやチームリーダーシップ研究におけるアウトプットに有効な測定法」

特徴

Longitudinal studies で大人数を扱う場合に有効な
同一の母集団から抽出したとみなすことができる方法

- ・ 分析の結果→Table4, Figure5

(H 1) $\beta=0.16, p<0.01,$

(H 2) $\beta=0.06, n.s.$

(H 3) $\beta = 0.36, p<0.001,$

(H 4) $\beta = 0.01, n.s.,$

(H 5) $\beta=0.02, n.s.$

(H 6) $\beta = 0.03, n.s.$

(H 7) $\beta = 0.13, p<0.01$

Team メンタルモデル×プロセス×QMM

- ・ Team SMM とプロセスの関係：ポジティブとネガティブに分けてメンタルモデルの質を比較
高チームQMMでポジティブに
中チームQMMでほとんど変化なし
少チームQMMでネガティブに

→このことから、質が高くてもチームの共有ができていなければチームプロセスが円滑に進められない

Mediation tests

一 SMM と QMM がチームのパフォーマンスに影響する上で、チームプロセスが影響（媒介的）をしているのかをみる

影響しているとするならば以下の要件を満たしてなくてはならない

- ① 外因性（パフォーマンス）と内因性（メンタルモデル）変数の関連性が大きい
- ② 媒介性（プロセス）と内因性の変数で関連をもっていなければならない
- ③ 媒介性と外因性の変数で関連がなくてはならない
- ④ 内因性変数と媒介性と外因性で関連がある

RMMR パス分析を用いた結果

- ・ ① に関する検定

Task SMM とパフォーマンス：有意な差 $\beta = 0.17, p<0.01.$

Team SMM*QMM とパフォーマンス : $\beta = 0.18, p < 0.01$.

- ②、③は有意（先述のパス解析より）
- ④に関する検定

Task SMM から, $\beta = 0.12, p < 0.05$.

Team SMM * team QMMから, $\beta = 0.14, p < 0.05$.

→部分的な関連性が認められ、チームプロセスの媒介的影響の可能性が考えられる

Discussion

結果のまとめ

- task SMM はプロセスとパフォーマンスに影響があった
- team SMM * QMM でプロセスとパフォーマンスに影響があった
→team SMM と QMM で相関関係

このことから、

一個人が質的に高度なメンタルモデルを持っていたとしてもチームのメンタルモデルが共有されていなければ全体として低いプロセスやパフォーマンスをするという傾向が確認

本研究で用いた厳密な分析方法は重要

すなはち、

- 1) 被験者とエキスパートのメンタルモデルを測定
- 2) それらのモデルをクラスター化し類型化する
- 3) 被験者の測定値をエキスパート（規範的なもの）のものへのプロット
- 4) エキスパートの種別に測定値を分類

今後の課題

• チームプロセスに関するより詳細な方法を検討（今回はプロセスがパフォーマンスに対して媒介的役割の可能性）

→各ミッションに応じた分析方法をより詳細に分析する必要性

- チーム内におけるリーダーによるブリーフィング（教示）の効果
- チームメイト同士の訓練にあり方による変化（訓練）

→今後、ここで用いた手法の妥当性を検討するために異なった課題やサイズ、チームのタイプで検証する必要がある

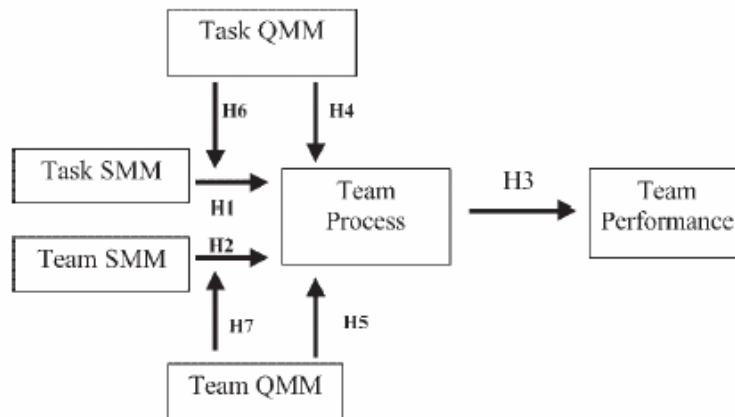


Figure 1. Hypothesized model

Table 1. Normative task cluster expertise comparisons

	Task clusters				
	A	B	C	D	E
Means	0.60 _a	-0.26 _{bc}	-0.12 _b	1.08 _a	-0.70 _c
SD	0.75	0.88	0.68	1.07	1.53
N	15	6	8	2	4

Note: Means not sharing a common subscript differ significantly.

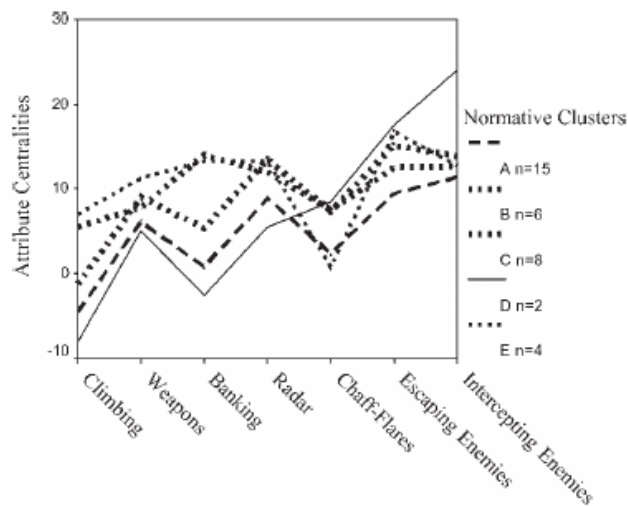


Figure 2. Normative task mental model clusters

Table 2. Normative team cluster expertise comparisons

		Team clusters		
		A	B	C
Publications/presentations	Mean	-0.08 _{ab}	0.25 _a	-0.23 _b
	SD	0.56	1.55	0.35
Team-focused courses	Mean	0.14 _a	0.02 _a	-0.30 _a
	SD	0.96	1.27	0.49
Ongoing team research	Mean	0.04 _{ab}	0.17 _a	-0.35 _b
	SD	0.90	1.24	0.71
Team-focused applications	Mean	-0.31 _a	0.38 _b	0.02 _{ab}
	SD	0.76	1.19	0.96
Overall composite	Mean	0.0 _{ab}	0.19 _a	-0.19 _b
	SD	0.54	0.91	0.56
		N	25	20
				13

Note: Means are Z scores; and those *not* sharing a common subscript differ significantly ($p < 0.05$).

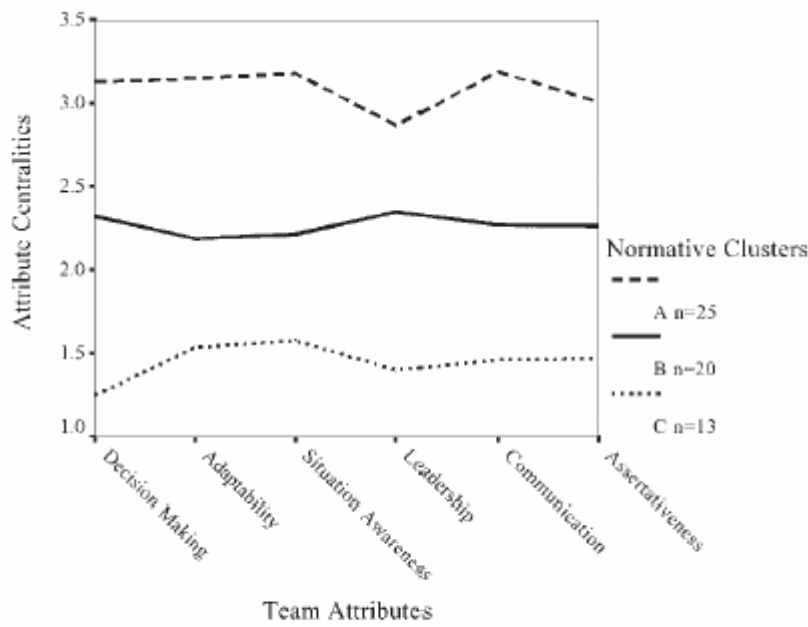


Figure 3. Normative team mental model clusters

Table 3. Variable correlations and descriptive statistics per time

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1. Task SMM—T1	—																		
2. Team SMM—T1	0.08	—																	
3. Task QMM—T1	0.18	0.02	—																
4. Team QMM—T1	0.16	-0.15	0.05	—															
5. Process—T1	0.07	0.10	-0.11	-0.01	—														
6. Performance—T1	0.24	0.17	-0.03	-0.03	0.44	—													
7. Task SMM—T2	0.08	-0.10	0.16	0.12	0.18	0.06	—												
8. Team SMM—T2	-0.06	-0.08	0.10	0.24	-0.33	-0.09	0.17	—											
9. Task QMM—T2	0.17	0.02	-0.06	-0.08	0.17	0.14	0.02	-0.16	—										
10. Team QMM—T2	0.24	-0.09	-0.19	0.34	0.16	0.08	-0.07	-0.02	-0.06	—									
11. Process—T2	-0.03	0.09	-0.10	-0.12	0.40	0.04	0.11	-0.08	0.12	0.01	—								
12. Performance—T2	0.03	0.08	-0.11	0.23	0.03	-0.03	0.08	0.10	0.08	-0.04	0.41	—							
13. Task SMM—T3	0.18	0.07	0.13	0.11	0.19	0.14	0.58	-0.11	0.13	0.17	0.21	0.06	—						
14. Team SMM—T3	0.21	0.14	0.14	0.21	-0.13	0.02	-0.07	0.26	-0.03	0.07	0.15	0.13	0.08	—					
15. Task QMM—T3	0.11	0.12	0.05	0.16	0.28	0.07	0.15	-0.11	0.18	0.06	0.16	0.14	0.21	-0.06	—				
16. Team QMM—T3	0.07	-0.06	-0.03	0.31	-0.07	-0.19	-0.06	0.12	-0.08	0.68	0.06	0.05	0.09	0.15	-0.05	—			
17. Process—T3	0.05	0.08	-0.01	-0.12	0.36	0.06	0.18	-0.08	0.11	0.01	0.90	0.37	0.33	0.19	0.08	0.05	—		
18. Performance—T3	0.24	-0.03	0.11	0.04	0.02	-0.01	0.30	0.08	0.01	0.11	0.11	0.28	0.18	0.01	0.10	-0.17	0.20	—	
Mean	0.36	0.13	0.03	-0.07	3.39	2.17	0.33	0.17	1.01	-0.05	3.39	2.02	0.34	0.13	-0.03	0.12	3.47	2.27	—
SD	0.22	0.34	0.95	0.88	0.61	0.94	0.20	0.30	1.03	1.02	0.55	0.73	0.19	0.29	1.04	1.10	0.58	0.74	—

Notes: SMM = shared mental models; QMM = quality of mental models; T1 = Time 1; T2 = Time 2; T3 = Time 3. $N = 70$. Correlations $\geq |0.24|$, $p < 0.05$.

Table 4. Regression analyses for mediation tests

Predictors	Team process		Team performance		
	Step 1	Step 2	Step 1	Step 2	Step 3
Team process	—	—	0.36**	0.34**	0.32**
Task SMM	0.16*	0.14*		0.12*	0.11*
Team SMM	0.06	0.09		0.07	0.10
Task QMM	0.01	0.00		0.02	0.02
Team QMM	0.02	0.01		-0.09	-0.10
Task SMM × QMM		-0.03			-0.01
Team SMM × QMM		0.13*			0.14*
R ² increment	0.03*	0.02*	0.13**	0.03*	0.03*
d.f.—increment	4, 136	2, 134	1, 139	4, 135	2, 133
R ² total	0.03*	0.05*	0.13**	0.16**	0.19**

Notes: $N = 70$ teams over three episodes. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

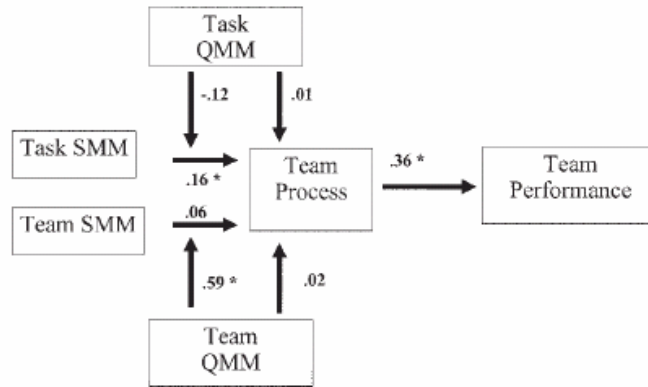


Figure 4. Results of the hypothesized model

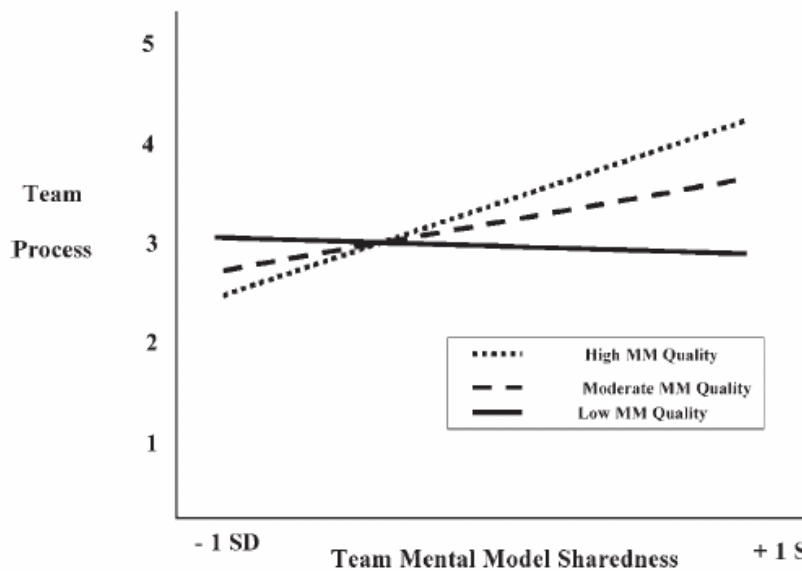


Figure 5. Team mental model sharedness × quality interaction as related to team process