慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	従業員パフォーマンスに影響を与える諸要因の抽出 : 構造方程式モデリングを用いて
Sub Title	
Author	江間, 薫(Ema, Kaoru) 林, 高樹(Hayashi, Takaki)
Publisher	慶應義塾大学大学院経営管理研究科
Publication year	2015
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2015年度経営学 第3026号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40003001-00002015-3026

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

論 文 要 旨

所属ゼミ	林　高樹 研究会	学籍番号	81430215	氏名	江間　薫

（論文題名）

従業員パフォーマンスに影響を与える諸要因の抽出
―構造方程式モデリングを用いて―

（内容の要旨）

本研究は電子機器系メーカーＡ社の協力のもとに、企業内における従業員のパフォーマンスの構造に関してコンピテンシー・モチベーション・スキルの観点から、定量的に分析を行ったものである。本事例における分析では、企業における従業員パフォーマンスの実態を構造方程式モデリングによって把握すること、そこからどの要因をより重点的に伸ばすことで従業員を「ハイパフォーマー化」することができるのかという示唆を得ることが目的である。また、多母集団同時分析により、それらが職位ごとに異なるのかも検討する。

まず、Ａ社より入手した「人事評価データセット」に対する探索的データ分析により、仮説モデル構築に必要な洞察を得た後に、妥当性が高いと思われる仮説モデルを、構造方程式モデリングを用いて構築した。次に、モデルをデータセットに適合することで、変数間のパス係数を計算し、それらの意味するところを考察した。

最後に本研究の結果から得られた示唆から、実務における今後の展望、また研究の課題として浮かび上がった限界について述べる。

目次

第 1 章　イントロダクション
　1.1　本研究の動機・研究背景
　1.2　先行事例サーベイ
　1.3　本研究の意義・目的

第 2 章　探索的データ分析
　2.1 分析の目標設定
　2.2 データ収集について
　2.3 前処理

第 3 章　モデル構築
　3.1　探索的データ分析
　3.2　仮説モデル構築
　3.3　多母集団同時分析

第 4 章　結果考察・課題

第 5 章　参考文献

第 6 章　謝辞

第 7 章　付録

第１章　イントロダクション

1.1　本研究の動機・研究背景

本研究は、製造業Ａ社が人事分野でのデータ分析に可能性を感じ、KBS に共同研究を依頼してきたことが契機となって着手した。筆者は前職において人事部門での勤務経験があり、本研究のテーマに近い部分で勤務していたことからも強く興味を持ち、携わることとなった。本研究は人事部門による最終評価とコンピテンシー・モチベーション・スキルといった個々人が持つ行動特性の要因が定量的にどう関係しているかを明らかにするものであるが、ビジネスの現場でそうした科学的手法が用いられていることは極めて稀である。特にリーマンショック以降のように、事業の縮小を迫られ社内における高位のポジションが限られてくると、必ず出てくるのが「優秀な人材の選抜」という問題であるが、それに対して具体的なアクションを取ることは非常に難しいのが現状である。そこで、本研究を通して「優秀な人材」「ハイパフォーマー」とは定量的にどう評価され、どのような行動特性を持っているのかという部分に点に対して、少しでも光を当てることができればと考えた。

1.2　先行事例サーベイ

人事データを定量的に扱い、パフォーマンスと絡めて論じた研究はほとんど見られないが、本研究と近い着想で行われた研究に、「組織パフォーマンス向上のためのモデル構築と検証」（2011.佐藤・魚住）[1]がある。

これは組織パフォーマンス向上のためのモデル構築に際し、個人業務遂行能力と組織モチベーションがそれを構成する要素であるものと仮説を立て、両者をコンピテンシー・スキルと仕事・上司・職場のモチベーションと分解して調査を行ったものである。

同論文は各要素に関連したアンケート調査を作成し、組織パフォーマンスに与える影響が最も大きい要因がコンピテンシーであることを明らかにした。またコンピテンシーの中でも、その中心に位置するのが「創意工夫の取り組み」「責任感」「協調性」であるということも明らかにした。

また従業員の職務満足について構造方程式モデリングを用いて分析した研究に「組織要因に関する認知と従業員満足との関係性についての検討」（2007.入江・福山）[2]がある。

これは従業員満足に影響を与える要因に関するアンケートを実施し、その結果を因子分析にかけ、尺度化を行っている。その後、構造方程式モデリングによって、因果モデルの検証を行っている。

本研究では個人パフォーマンスを取り扱い、それを提供された従業員に対する最終評価を指標として使用することで分析している。また構築モデルのベースは前述した佐藤・魚住（2011）にならい、パフォーマンスを構成する要素として、コンピテンシー・モチベーション・スキルの３つを採用し、以下のようなモデルをベースとした。

図１　本研究の基本モデル

これらの３つの要因の下位にひもづく変数をアンケートから導き出した後、構造方程式モデリングによって全体の構造を明らかにする。構造方程式モデリングの手法については文献を参考にした[3] [4] [5]。また各種統計処理は「R」を利用して行った。

1.3　本研究の意義・目的

本研究では人事部による従業員個人に対する最終評価と各人の有する自己評価に基づく行動特性スコアを組み合わせたデータに対する統計分析を通じて、行動特性要因データ分析を通じて、従業員のパフォーマンスをモデル化し、ハイパフォーマーとされる人材の養成につなげられる要因を特定することである。また本論文はデータ提供企業Ａ社における個別事例における結果のみを扱うが、他企業・業種に対しても適用できるような、汎用性のある分析の方法論として提案したい。

第 2 章　探索的データ分析

2.1 分析の目的

モデル化に先立ち、協力企業Ａ社から提供を受けたデータを用いて、探索的データ分析を行った。それらを通じて、企業における従業員パフォーマンスの実態を把握することである

2.2 データ収集について

サンプルは製造業Ａ社における、最終評価時に行ったアンケート 312 名分の調査結果である。対象は社内の特定部署における部門長・所属長・リーダーの３つの職位に対して行った。この企業では 2 年前から本調査の準備として同アンケートを実施してきたが、初回は部門長 25 名にのみ行い、今回の調査でそれを 312 名に拡大した。アンケートの設問は、人事コンサル企業が実際に使っているアンケートを部分的に本研究用に抜粋したものを利用した。

１次調査
調査対象：製造業Ａ社　営業職　部門長クラス　25 名
調査日時：2014 年 8 月

２次調査
調査対象：製造業Ａ社　部門長～リーダークラス　312 名
調査日時：2015 年　9 月

【実施対象数】
データ総数：312 名

【アンケート項目数】
・コンピテンシー関連項目　４０個
・スキル関連項目　８個
・モチベーション関連項目　３１個

【その他属性】
アンケート回答の属性による分類
・所属部署（9 部門）
・役職区分（3 段階）

・年齢
・最終評価（3 段階）

分類した結果を表２～４で示す。また最終評価は職位ごとにその割合を管理されているため、表５にて別で示す。

営業部	151
Ａ事業部	55
Ｂ事業部	32
Ｃ事業部	31
Ｄ事業部	23
総務・人事	13
経営	6
その他	1

（単位：人）

表２　各部門所属人数

部門長	48
所属長	180
リーダー	84

（単位：人）

表３　各職位所属人数

50代	192
40代	117
30代	3

（単位：人）

表４　各年代所属人数

	A	B	C	合計
部門長	12	27	9	48
所属長	45	109	26	180
リーダー係長	21	45	18	84
合計	78	181	53	312

（単位：人）

表５　職位別最終評価人数

アンケート項目概要は表６の通りである。

大項目	中項目	質問数
コンピテンシー	組織・戦略	5
	財務・コスト	5
	顧客・市場	5
	計画・プロセス	5
	学習・育成	5
	共有・コミュニケーション	5
	信念・価値観	5
	個人特性	5
モチベーション	成果責任・見合った報酬	5
	ワークライフバランス	5
	職場環境への適応	5
	自己成長・やりがい	5
	社会に対する自己実現	5
	自律性	6
スキル	語学スキル	1
	会計・財務スキル	1
	法律スキル	1
	情報分析スキル	1
	エンジニアスキル	1
	コミュニケーションスキル	1
	論理的思考スキル	1

表６　アンケート設問項目概要

回答はリッカート尺度を使用し、質問１～71 については下記の 5 段階で回答
・そう思わない
・あまりそう思わない
・どちらともいえない
・ややそう思う
・そう思う

質問 72～78 については下記の 5 段階で回答してもらった。
・身についていない
・あまり身についていない
・どちらともいえない
・身についていると思う
・よく身についていると思う

2.3 前処理

データ分析の前処理として、シグマ値法によるスコア化を行った。本研究で用いるデータはリッカート尺度を用いたものである。これは順序尺度であり、数値データとして計算を行うためには間隔尺度への変換を行う必要がある。今回はその変換法としてシグマ値法を採用し、それは以下の手順で構成されている。

① ：各質問・各回答の相対度数と累積度数を算出
② ：累積相対度数に対応する標準正規分布曲線のパーセント点を算出
③ ：累積相対度数に対応する標準正規分布曲線の Y 座標を算出
④ ：回答番号の相対度数を R_i,Y 座標を Y_i とすると,シグマ値 σ は式 2.3 に従って算出

$$\sigma_i = \frac{Y_{i-1} - Y_i}{R_i} \qquad \text{（式 2.3）}$$

$$(i：\text{回答})$$

全質問に対して、シグマ値法を使用して変換後のスコアを求めた。質問項目については 5 段階、最終表については 3 段階の順序尺度を、間隔尺度へ変換した。算出した値を表７・８に示す。

質問番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
そう思わない	−2.32782	−2.45569	−2.25514	−2.24191	−2.08792	−2.3123	−2.32782	−2.25514	−2.378	−2.06048	−2.07861	−2.26876	−2.22907	−2.36062	−2.2823	−2.21657	−2.41506	−2.25514	−1.98615	−1.98615
あまりそう思わない	−1.49145	−1.64011	−1.39082	−1.40192	−1.23806	−1.58609	−1.50953	−1.47666	−1.58884	−1.26963	−1.23454	−1.38304	−1.41654	−1.55083	−1.45875	−1.4056	−1.59697	−1.41607	−1.16098	−1.15623
どちらともいえない	−0.92902	−1.04097	−0.65848	−0.78491	−0.56259	−1.02148	−0.78403	−0.81777	−0.87343	−0.65401	−0.56259	−0.70705	−0.71799	−0.85362	−0.75504	−0.81746	−0.83017	−0.79789	−0.56579	−0.58833
ややそう思う	−0.23784	−0.2544	0.193231	−0.01538	0.230808	−0.24647	0.051647	0.070903	−0.06667	0.088911	0.179378	0.093964	0.099151	0.018307	0.109955	−0.09457	0.076067	−0.0349	0.153342	0.128553
そう思う	0.930143	0.954475	1.320344	1.133291	1.328496	0.948821	1.178395	1.26285	1.060856	1.180706	1.237917	1.23057	1.213652	1.192341	1.265382	1.042456	1.237917	1.11147	1.237917	1.235461

質問番号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
そう思わない	−2.52533	−1.95628	−2.22907	−2.1697	−2.3123	−1.8632	−2.0261	−1.91441	−2.34391	−2.24191	−2.2044	−2.36062	−1.95628	−2.378	−2.26876	−2.378	−2.2828	−2.1697	−2.39613	−1.98615
あまりそう思わない	−1.68442	−1.24383	−1.45654	−1.41694	−1.56152	−1.05456	−1.2663	−1.19356	−1.57291	−1.54244	−1.45747	−1.57469	−1.21759	−1.66867	−1.5412	−1.64992	−1.5831	−1.45751	−1.64724	−1.32231
どちらともいえない	−1.02647	−0.79339	−0.81843	−0.83978	−0.99813	−0.41415	−0.68047	−0.70116	−0.93844	−0.8739	−0.81777	−0.78157	−0.605	−0.82472	−0.82271	−0.94599	−0.93456	−0.88032	−1.03118	−0.77702
ややそう思う	−0.21	−0.15528	−0.02649	−0.09741	−0.15616	0.352634	0.085143	−0.0647	−0.09436	−0.0418	0.015416	0.126433	0.181892	0.133611	0.061693	−0.10604	−0.1117	−0.12665	−0.21425	−0.0222
そう思う	0.988923	0.971584	1.11147	1.042456	1.069131	1.405803	1.201753	1.018369	1.096462	1.096462	1.169209	1.260325	1.273023	1.270468	1.206494	1.04652	1.044496	1.016383	0.98505	1.092212

質問番号	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
そう思わない	−2.43527	−2.57967	−3.0297	−2.32822	−2.50115	−2.07905	−2.43527	−2.67848	−1.75803	−2.3784	−2.43527	−3.03067	−3.03067	−3.03067	−2.67848	−3.0297	−3.0297	−3.03067	−3.03067	−3.03067
あまりそう思わない	−1.73545	−1.67663	−2.03661	−1.43086	−1.64106	−1.27205	−1.62085	−1.82938	−0.79207	−1.50818	−1.67518	−2.31759	−2.12363	−2.0933	−1.92919	−2.06349	−2.26985	−2.12363	−2.12363	−2.43108
どちらともいえない	−1.18104	−1.04595	−1.23553	−0.60964	−0.96439	−0.71248	−0.85763	−1.11918	0.024853	−0.70096	−0.94155	−1.80507	−1.35454	−1.25168	−1.04718	−1.32826	−1.50818	−1.40984	−1.38163	−1.51995
ややそう思う	−0.24697	−0.10826	−0.35484	0.252885	−0.08495	−0.04555	0.067801	−0.21331	0.809971	0.291215	0.055955	−0.81522	−0.14838	−0.13562	−0.02554	−0.32758	−0.4907	−0.36098	−0.32044	−0.61424
そう思う	1.041157	1.176762	0.881716	1.334592	1.12958	1.053363	1.248453	1.023084	1.728275	1.509405	1.302255	0.62865	1.257864	1.192663	1.190669	0.981942	0.839276	0.978437	1.013402	0.676562

質問番号	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
そう思わない	−2.67848	−2.81247	−2.3784	−2.67848	−3.0297	−3.03067	−3.03067	−3.0297	−2.67848	−3.03067
あまりそう思わない	−1.84783	−2.0998	−1.55324	−1.92919	−1.90027	−2.43108	−2.19117	−1.98694	−1.82938	−2.03795
どちらともいえない	−1.06848	−1.31375	−0.91288	−1.11139	−0.89548	−1.92001	−1.28723	−1.0954	−1.11239	−1.17116
ややそう思う	−0.07714	−0.26903	−0.17929	−0.00437	0.105994	−0.62489	−0.17368	−0.0303	−0.09127	−0.07397
そう思う	1.169883	1.023084	0.964715	1.302255	1.278789	0.846989	1.131644	1.248453	1.204782	1.23561

質問番号	71	72	73	74	75	76	77	78
身についていない	−3.0297	−1.41244	−1.59781	−1.78995	−2.02655	−1.11649	−2.67848	−2.57987
あまり身についていない	−2.15485	−0.3275	−0.46739	−0.73995	−1.11264	−0.26174	−1.60818	−1.66296
どちらともいえない	−1.32215	0.480618	0.419245	0.207052	−0.24048	0.175311	−0.77675	−0.88473
身についていると思う	−0.2106	1.165551	1.314094	1.251555	0.826388	0.752169	0.31091	0.195638
よく身についていると思う	1.116493	2.002216	2.579867	2.579867	2.17013	1.646828	1.686219	1.541238

表7　各質問の回答結果変換後スコア

	部門長	所属長	リーダー
A	1.271106	1.271106	1.271106
B	−0.08564	−0.15013	−0.04924
C	−1.43788	−1.57058	−1.35996

表8　職位ごとの最終評価変換後スコア

第 3 章　モデル構築

3.1　探索的データ分析

本調査において、モデル構築に向けて探索的データ分析を行った。質問項目が 78 個とパフォーマンスの関係性を見るために相関分析を行った。その結果を受け、これらを仮説モデルに組み込むために合成変数の重みづけを決めるために因子分析を行った。そしてそれらの合成変数とパフォーマンスがどのように関連しているのかを確認するためにネットワーク分析をそれぞれ行った。

表9　各質問の相関関係

表９から、当初の想定通りコンピテンシー・モチベーション・スキルの各分類内での相関が比較的高く、分類をまたいで強い関係性があるものは少なかった。またパフォーマンスに関してコンピテンシーが比較的相関が高いのも、先行研究と同じ結果となった。これを受けて因子分析に関しても、関連の強い各分類に行うこととした。

アンケート設計時に想定していたモデルに組み込む要因は表１０のとおりである。また当初仮説候補として構築したモデルを図１１である。これは図１を発展させたものである。またここから、各質問項目に対し分類ごとで潜在因子の存在を確認し、仮設の検証を行った。

目的変数	大項目	各項目	中項目
パフォーマンス（最終評価）	コンピテンシー	v1	組織・戦略
		v2	財務・コスト
		v3	顧客・市場
		v4	計画・プロセス
		v5	学習・育成
		v6	共有・コミュニケーション
		v7	信念・価値観
		v8	個人特性
	モチベーション	v9	成果責任・見合った報酬
		v10	ワークライフバランス
		v11	職場環境への適応
		v12	自己成長・やりがい
		v13	社会に対する自己実現
		v14	自律性
	スキル	v15	語学スキル
		v16	会計・財務スキル
		v17	法律スキル
		v18	情報分析スキル
		v19	エンジニアスキル
		v20	コミュニケーションスキル
		v21	論理的思考スキル

表１０　アンケート設計時の仮説分類

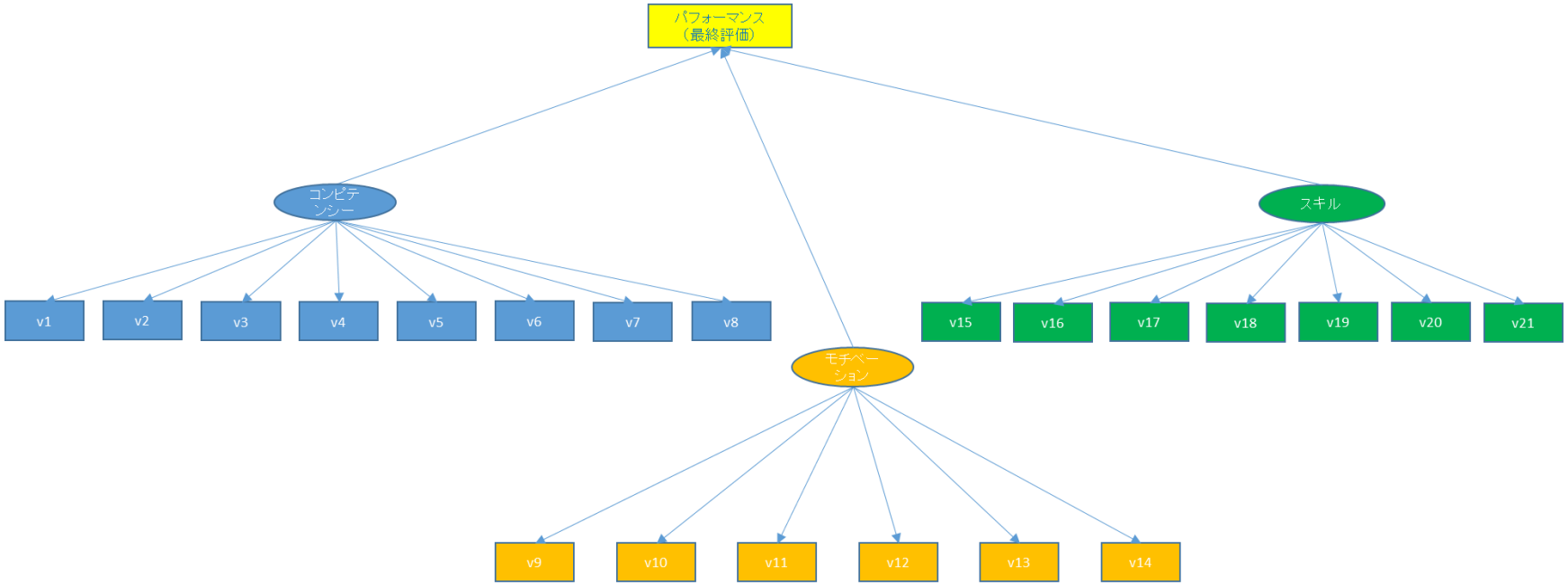

図11　アンケート設計時に想定していたモデル

データ収集後、分類ごとの質問項目に対して因子分析を行った結果は表１２・１３・１４である。累積の因子負荷量を確認したところ、因子はコンピテンシーにおいて６つ、モチベーションにおいて９つ、スキルにおいて３つが妥当と考えた。これらをモデルに採用する因子に名前を付けてまとめたものが表１３である。

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8	Factor9	Factor10
Q1	0.928	0.004	−0.02	0.039	−0.072	0.035	−0.036	0	0.031	0.184
Q2	0.796	0.075	0.101	0.009	0.012	−0.03	0.018	0.016	0.057	0.436
Q3	0.896	−0.062	−0.012	−0.268	0.196	−0.005	−0.043	−0.025	−0.081	0.108
Q4	0.501	0.05	0.337	−0.014	−0.061	−0.103	0.021	0.102	0.097	0.143
Q5	0.951	−0.128	−0.058	0.063	−0.017	0.021	0.052	−0.001	0.028	0.076
Q6	0.339	0.028	0.146	−0.008	0.539	−0.002	−0.004	−0.161	0.019	0.113
Q7	−0.143	0.051	0.26	0.207	0.473	−0.051	0.008	0	−0.004	−0.029
Q8	0.364	0.007	0.086	0.157	0.174	0.04	−0.051	0.214	0.055	0.027
Q9	−0.029	0.02	−0.059	−0.034	0.983	0.045	−0.085	0.09	0.067	−0.024
Q10	0.794	0.054	0.082	−0.031	−0.036	0.033	−0.148	0.127	−0.034	0.056
Q11	0.841	0.026	0.039	−0.032	−0.072	0.024	0.32	−0.223	0.18	0.091
Q12	0.486	0.051	0.056	0.05	−0.101	−0.048	0.552	0.023	0.014	0.012
Q13	0.641	−0.201	−0.041	0.123	0.082	−0.104	0.303	0.017	−0.112	−0.031
Q14	0.207	0.489	0.011	−0.036	0.02	−0.006	0.34	0.03	−0.073	0.009
Q15	0.656	0.178	−0.193	−0.121	0.057	0.03	0.186	0.215	−0.039	−0.095
Q16	−0.18	−0.179	1.106	−0.004	0.039	0.139	0.09	−0.088	−0.059	0.082
Q17	0.029	−0.05	0.739	0.146	−0.033	0.137	−0.049	0.126	−0.046	0.008
Q18	−0.039	0.037	0.698	0.172	−0.013	−0.067	0.011	0.014	0.046	−0.07
Q19	0.496	0.097	0.521	−0.007	−0.103	−0.064	−0.062	−0.155	−0.044	−0.123
Q20	0.214	0.296	0.579	−0.008	−0.001	−0.091	−0.05	−0.313	−0.049	−0.165
Q21	0.543	−0.025	−0.082	0.205	0.013	0.064	0.108	0.069	0.024	−0.027
Q22	−0.184	1.153	−0.08	−0.138	0.015	−0.016	0.046	−0.002	−0.176	0.044
Q23	0.071	0.451	0.218	0.092	−0.005	0.004	0.12	0.137	−0.033	0.007
Q24	−0.039	0.961	−0.011	−0.203	0.062	0.012	0.025	0.003	0.008	−0.029
Q25	−0.089	0.602	0.303	−0.04	0.041	0.098	0.099	−0.002	0.088	−0.105
Q26	0.14	0.786	0.04	−0.127	0.006	0.02	−0.007	−0.002	0.082	−0.107
Q27	0.106	0.711	0.135	−0.053	−0.074	0.048	0.08	0.005	0.095	0.115
Q28	−0.041	0.876	−0.038	0.122	−0.024	−0.062	−0.086	0.004	0.112	0
Q29	0.196	0.152	0.196	0.183	0.077	−0.013	0.008	0.287	−0.028	0.021
Q30	0.211	0.439	−0.332	0.331	0.142	−0.038	−0.008	−0.026	0.342	0.026
Q31	0.799	−0.086	−0.163	0.179	−0.068	0.248	0.044	0.054	0.032	−0.033
Q32	0.441	0.439	−0.011	0.222	−0.054	0.152	−0.038	−0.136	−0.118	0.027
Q33	0.044	0.788	−0.122	0.137	−0.025	0.015	0.008	−0.021	−0.332	−0.053
Q34	0.506	0.045	0.177	−0.17	0.05	0.637	−0.052	0.068	−0.034	0.017
Q35	0.649	−0.047	0.096	0.104	0.024	0.412	−0.035	−0.115	0.014	−0.094
Q36	−0.046	0.298	0.071	0.578	−0.071	−0.102	−0.087	0.095	−0.11	0.001
Q37	0.151	−0.138	0.169	0.643	0.07	−0.014	0.064	0.025	0.031	0.006
Q38	0.108	−0.078	0.171	0.725	−0.045	−0.049	0.052	−0.027	0.131	−0.003
Q39	0.02	0.483	0.329	0.198	−0.054	0.02	0.017	0.054	−0.105	0.155
Q40	−0.053	1.026	−0.149	0.144	0.013	0.012	−0.082	−0.049	0.022	0.07

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8	Factor9	Factor10
SSloadings	8.517	7.633	3.738	1.996	1.664	0.786	0.786	0.513	0.449	0.435
ProportionVar	0.213	0.191	0.093	0.05	0.042	0.02	0.02	0.013	0.011	0.011
Cumulative	0.213	0.404	0.497	0.547	0.589	0.608	0.628	0.641	0.652	0.663

表１２　コンピテンシー関連質問項目　因子分析結果

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8	Factor9	Factor10
Q41	0.14	0.26	−0.097	−0.001	−0.063	0.004	0.2	−0.088	−0.019	−0.068
Q42	0.363	0.05	0.036	0.16	−0.249	0.148	0.148	−0.03	−0.009	−0.089
Q43	0.728	0.026	−0.023	−0.022	0.031	0.088	−0.015	−0.055	0.078	−0.102
Q44	0.041	0.64	−0.216	−0.083	0.114	−0.001	0.132	−0.128	0.093	0.072
Q45	0.07	0.846	−0.075	−0.025	−0.01	0.071	−0.106	−0.018	−0.022	0.072
Q46	−0.149	0.611	0.193	0.121	−0.12	−0.02	0.028	0.133	−0.132	0.025
Q47	−0.06	0.329	0.087	−0.042	−0.035	−0.127	0.086	0.014	0.513	−0.032
Q48	0.095	0.357	0.234	−0.086	0.492	−0.056	−0.105	−0.021	−0.009	0
Q49	−0.136	0.529	0.005	0.01	0.081	−0.065	0.074	0.038	−0.058	0.285
Q50	−0.095	0.351	0.002	0.108	0.147	0.186	−0.13	−0.076	0.128	0.418
Q51	−0.093	−0.069	0.03	0.104	−0.022	0.208	−0.094	0.054	0.836	0.117
Q52	0.222	0.175	−0.132	−0.018	0.318	0.077	0.065	0.193	−0.046	−0.078
Q53	0.191	0.035	−0.155	−0.064	−0.081	0.963	−0.043	−0.051	0.138	0.149
Q54	−0.165	0.011	0.327	−0.061	0.056	0.381	0.159	−0.019	−0.035	−0.209
Q55	−0.119	−0.146	0.406	0.239	0.073	0.065	0.256	−0.086	0.115	−0.039
Q56	0.264	0.024	0.133	0.055	0.11	−0.076	−0.056	0.119	0.216	−0.208
Q57	0.805	0.035	0.02	0.269	0.071	−0.026	−0.063	−0.082	−0.134	−0.249
Q58	0.56	−0.163	−0.034	−0.182	0.114	−0.046	0.55	−0.033	0.011	0.07
Q59	0.003	0.026	0.129	0.022	0.594	0.007	0.156	−0.128	−0.155	0.078
Q60	0.011	0.072	−0.11	0.123	0.738	−0.092	−0.03	0.028	0.066	0.025
Q61	0.017	−0.087	0.092	0.166	0.273	0.09	0.04	0.102	−0.003	0.068
Q62	0.215	−0.059	−0.185	0.757	0.158	0.027	−0.073	0.044	−0.006	0.069
Q63	0.074	0.033	−0.039	0.755	0.001	−0.103	0.066	−0.075	0.103	0.039
Q64	0.471	−0.014	0.091	0.052	−0.027	0.244	0.035	0.14	−0.093	0.238
Q65	0.317	−0.049	0.043	0.299	−0.075	−0.157	0.436	−0.022	0.045	0.22
Q66	−0.011	−0.04	−0.052	−0.038	−0.017	−0.059	0.127	1.017	0.062	−0.02
Q67	0.052	0.049	−0.174	0.038	−0.002	0.009	0.639	0.152	−0.089	−0.049
Q68	0.383	0.135	0.602	0.1	−0.107	−0.086	−0.138	0.024	0.015	0.107
Q69	0.249	−0.04	1.016	−0.158	0.027	−0.129	−0.135	−0.03	0.036	0.01
Q70	0.258	0.038	0.163	−0.11	0.103	0.065	0.173	0.056	0.152	0.033
Q71	0.577	0.044	0.229	−0.036	−0.031	0.109	0.11	0.033	−0.079	0.123

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8	Factor9	Factor10
SSloadings	2.902	2.341	2.085	1.584	1.539	1.384	1.279	1.244	1.207	0.641
ProportionVar	0.094	0.076	0.067	0.051	0.05	0.045	0.041	0.04	0.039	0.021
Cumulative	0.094	0.169	0.236	0.288	0.337	0.382	0.423	0.463	0.502	0.523

表１３　モチベーション関連質問項目　因子分析結果

	Factor1	Factor2	Factor3
Q72	0.407	−0.011	0.195
Q73	0.856	−0.176	−0.129
Q74	0.776	−0.031	−0.004
Q75	0.494	0.395	0.071
Q76	−0.087	−0.011	1.024
Q77	−0.017	0.739	−0.158
Q78	−0.128	0.872	0.076

	Factor1	Factor2	Factor3
SSloadings	1.769	1.496	1.14
ProportionVar	0.253	0.214	0.163
Cumulative	0.253	0.466	0.629

表１４　スキル関連質問項目　因子分析結果

目的変数	大項目	各項目	中項目
パフォーマンス（最終評価）	コンピテンシー	v1	戦略
		v2	対人能力
		v3	計画・プロセス
		v4	個人特性
		v5	財務・コスト
	モチベーション	v6	やりがい
		v7	労働条件
		v8	満足感
		v9	仕事への適正
		v10	継続性
		v11	信頼感
		v12	自己実現
		v13	問題解決
		v14	他社からの承認
	スキル	v15	ビジネスリテラシー
		v16	コミュニケーションスキル
		v17	エンジニアスキル

表１５　モデルに使用する合成変数表

因子分析の結果を受け、因子負荷量と各質問項目スコアを掛け合わせたものを合成変数として取り扱う。これらの合成変数の関連をモデル構築の参考にすべく、相関係数の計算からネットワーク分析によって確認した（図１３～１６参照。いずれも閾値を 0.2 に設定）

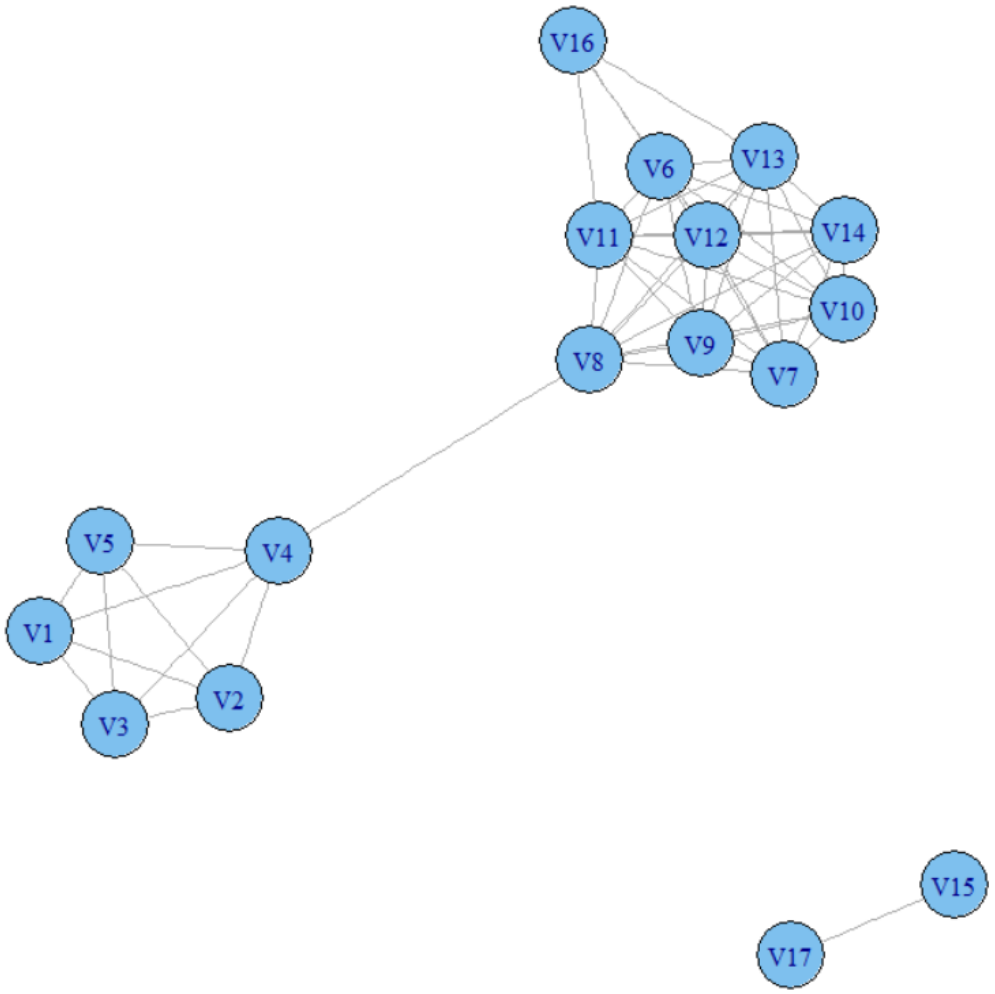

図１６　全体における合成変数ネットワーク

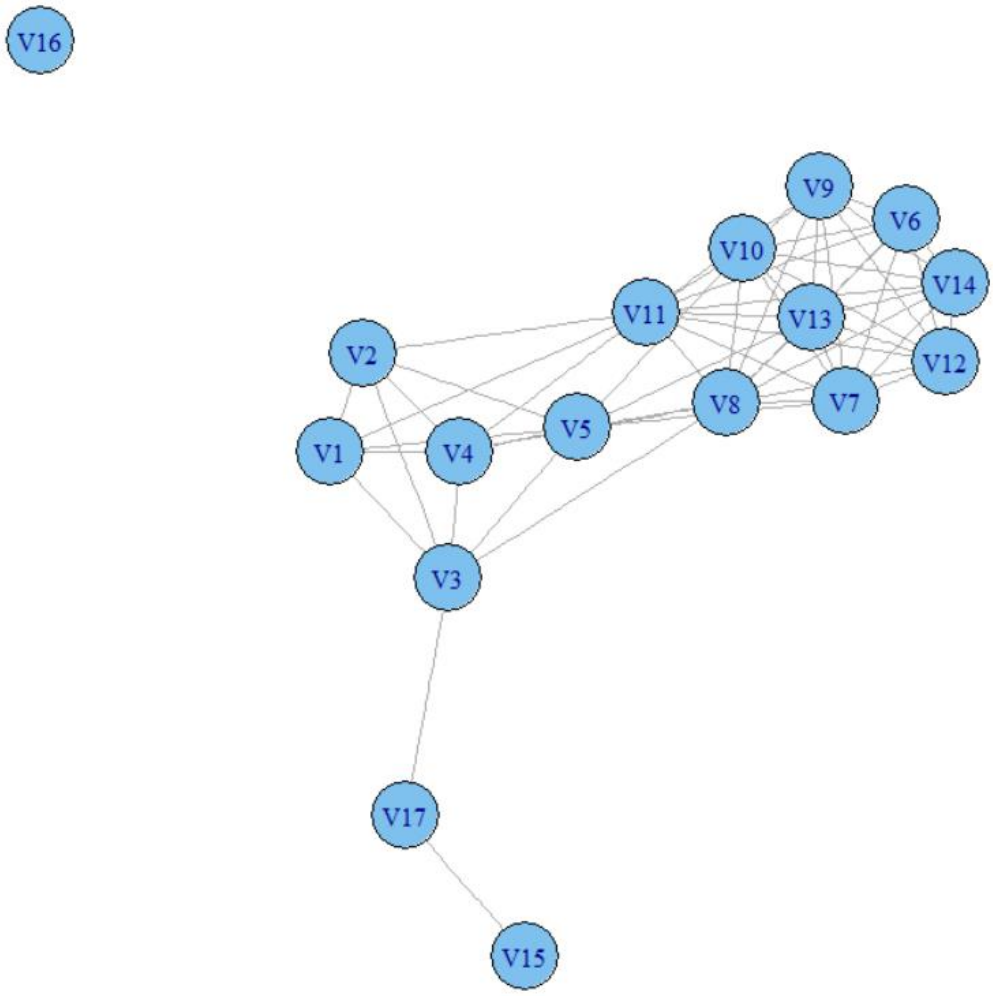

図１７　部門長における合成変数ネットワーク

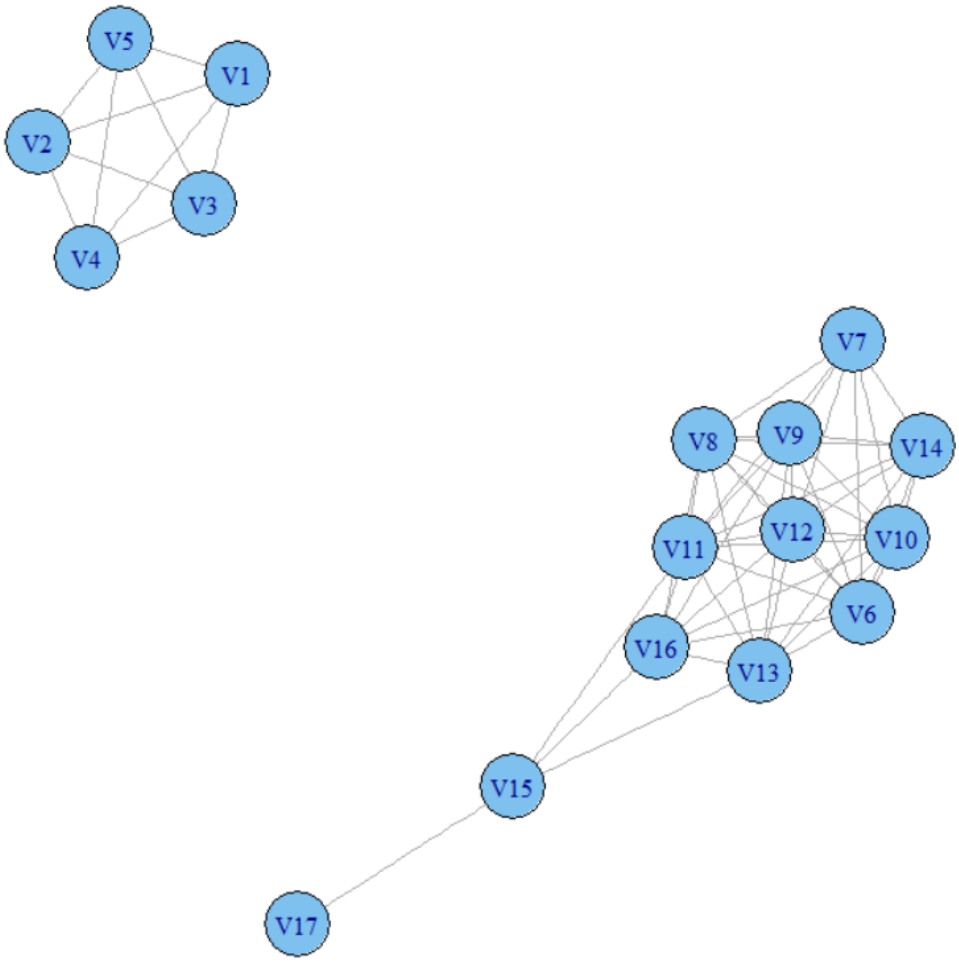

図１８　所属長における合成因子ネットワーク

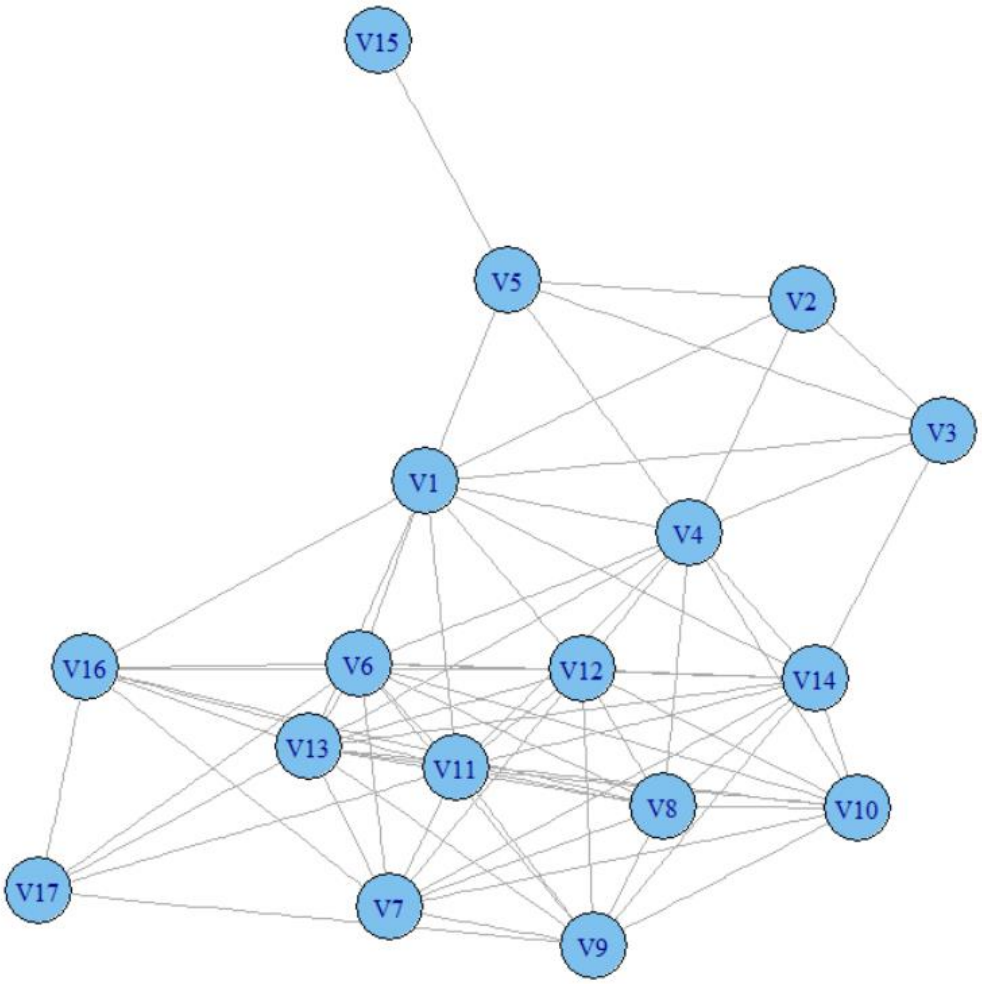

図１９　リーダーにおける合成変数ネットワーク

3.2　仮説モデル構築

ネットワーク分析の結果、各合成変数はほぼ分類ごとにまとまっていることがわかった。これら前述した探索的データ分析の結果を受け、図１を発展させ、構築した仮説モデルを図２０に示す。

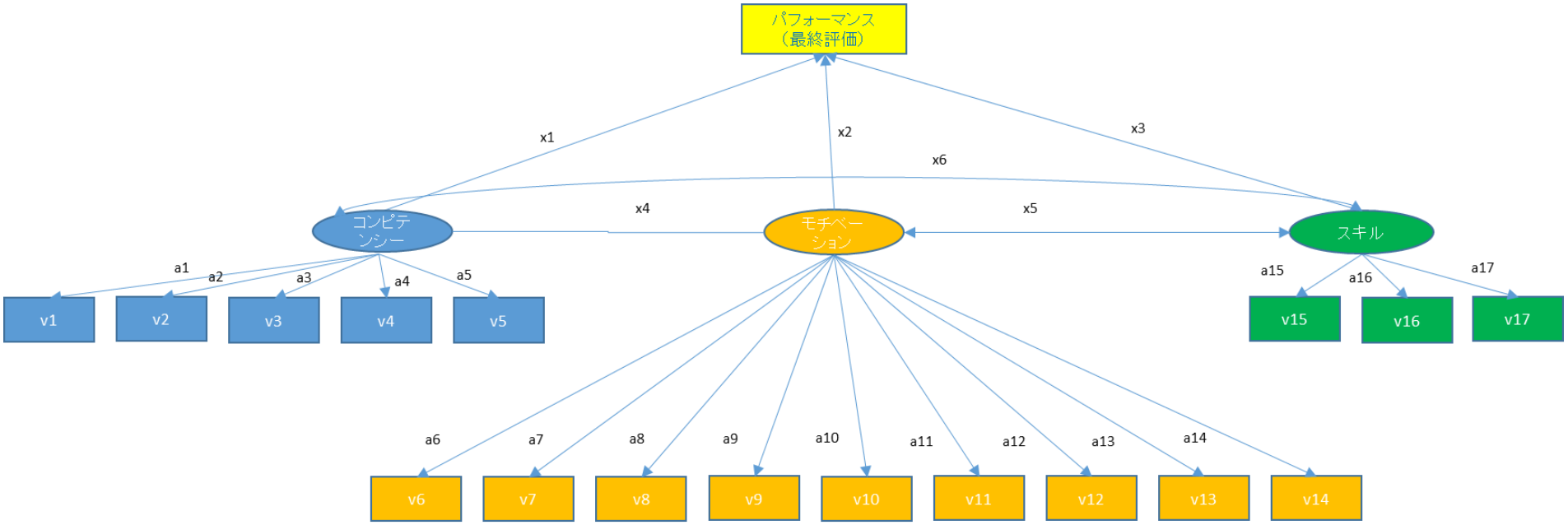
パフォーマンス
（最終評価）
x1
x2
x3
x6
x4
x5
コンピテンシー
モチベーション
スキル
a1
a2
a3
a4
a5
a15
a16
a17
v1
v2
v3
v4
v5
v15
v16
v17
a6
a7
a8
a9
a10
a11
a12
a13
a14
v6
v7
v8
v9
v10
v11
v12
v13
v14

図20　仮説モデル

図２０を元に、全ての従業員データを使用し、共分散構造分析を行った。計算結果は収束したものの、パス係数に問題が見られる箇所が見られた。更に適合度を上げるために、パスごとの有意確率を確認し、前述の探索的データ分析の結果と合わせて不要な変数は削除した。

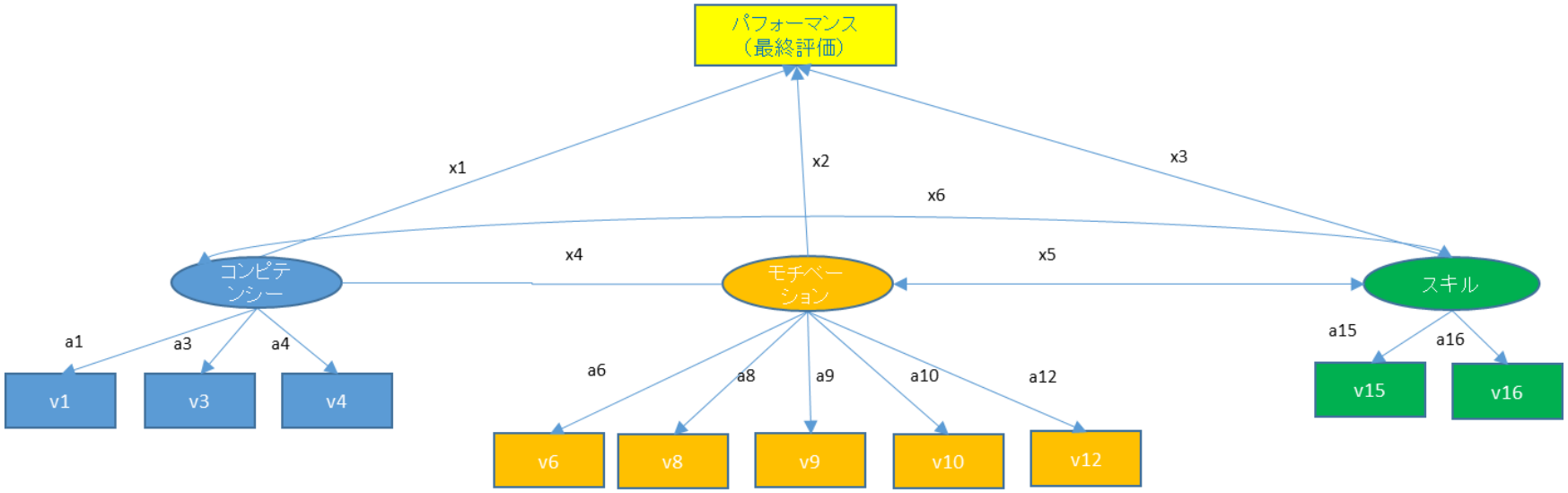

図21　修正済み仮説モデル

各項目	中項目	係数
x1	コンピ→パフォーマンス	0.26479881
x2	モチベ→パフォーマンス	0.09544963
x3	スキル→パフォーマンス	−0.0147184
x4	コンピ⇔モチベ	0.18871236
x5	コンピ⇔スキル	0.07605866
x6	モチベ⇔スキル	0.49706867

大項目	各項目	中項目	係数
コンピテンシー	v1	戦略	0.88785863
	v3	計画・プロセス	0.88452396
	v4	個人特性	0.92547997
モチベーション	v6	やりがい	0.93882143
	v8	満足感	0.77674997
	v9	仕事への適正	0.79333097
	v10	継続性	0.70966802
スキル	v12	自己実現	0.82274931
	v15	ビジネスリテラシー	0.24372027
	v16	コミュニケーションスキル	0.50485117

表２２　修正済み仮説モデルにおけるパス係数

図２１は修正後の仮説モデルである。これを計算した結果が表２２である。パス係数が解釈可能な範囲に収まっている。これにより、各潜在因子からパフォーマンスへの影響が最も大きいものはコンピテンシーであることがわかった。また潜在因子ごとの相関では、モチベーションとスキルにやや強い相関がみられた。各分類の中ではコンピテンシーにおいては v4、モチベーションにおいては v6、スキルにおいては v16 が、潜在因子に対して影響が大きいことがわかった。

このモデルの当てはまりについて各種適合度は、GFI=0.965、RMSEA=0.0411 であり、採択可能な範囲であることも確認できた。

Model Chisquare = 59.53969
Df = 39
Pr(>Chisq) = 0.01864517
Goodness-of-fit index = 0.9651916
Adjusted goodness-of-fit index = 0.9410936
RMSEA index = 0.04115138 90%
CI: (0.01722804, 0.06119744)
Bentler-Bonett NFI = 0.9944513
Tucker-Lewis NNFI = 0.9972866
Bentler CFI = 0.998076
Bentler RNI = 0.998076
Bollen IFI = 0.9980789
SRMR = 0.04019639

表２２　修正済み仮説モデルの各指標

3.3　多母集団同時分析

修正済み仮説モデルを用いて、職位を属性とした多母集団同時分析を行った。まず配置不変性について検討するために、同時分析を行ったところ、結果は表２３のようになった。

Model Chisquare = 134.5222 Df = 117
Pr(>Chisq) = 0.1280022
Chisquare (null model) = 19819.81 Df = 165
Goodness-of-fit index = 0.9206252
Adjusted goodness-of-fit index = 0.8768673
RMSEA index = 0.03813137
90% CI: (NA, 0.06466697)
Bentler-Bonett NFI = 0.9932127
Tucker-Lewis NNFI = 0.9987428
Bentler CFI = 0.9991085
Bentler RNI = 0.9991085
Bollen IFI = 0.9991107
SRMR = 0.07694317

表２３　同時分析後の各指標

このモデルの当てはまりについて各種適合度は、GFI=0.920、RMSEA=0.0381 であり、採択可能な範囲である。これにより配置不変性が成立することが確認されたため、職位ごとの各パス間の差に対する検定統計量を確認する。

部門長と所属長の差

質問番号	x1	x2	x3	a1	a3	a4	a6	a8	a9	a10	a12	a15	a16	x4	x5	x6
検定量	0.721	0.404	−0.669	−1.615	−2.649	−1.619	−2.094	−1.231	−1.488	0.273	−1.023	−2.348	−1.567	−0.636	1.134	0.389
P値	0.4706664	0.68624	0.503284	0.106319	0.00808	0.105528	0.03627	0.218371	0.1367348	0.7845862	0.306451	0.01888	0.11712	0.5248284	0.256609	0.697066

所属長とリーダーの差

質問番号	x1	x2	x3	a1	a3	a4	a6	a8	a9	a10	a12	a15	a16	x4	x5	x6
検定量	−0.381	0.978	−0.357	1.454	−0.462	−0.979	0.459	0.543	1.735	1.161	0.525	0.297	1.046	−1.374	−1.417	−0.259
P値	0.703119	0.327928	0.721353	0.146036	0.644142	0.327491	0.64647	0.587471	0.08281	0.2454661	0.599257	0.766089	0.29554	0.1694014	0.156566	0.795778

部門長とリーダーの差

質問番号	x1	x2	x3	a1	a3	a4	a6	a8	a9	a10	a12	a15	a16	x4	x5	x6
検定量	0.554	0.694	−0.757	−0.147	−2.570	−2.157	−1.468	−0.788	0.063	1.140	−0.579	−2.090	−0.559	−1.403	−0.074	0.138
P値	0.5793656	0.487486	0.44895	0.882973	0.01018	0.03099	0.142015	0.430949	0.9494742	0.254484	0.56266	0.03666	0.576239	0.1606043	0.940624	0.890525

5%有意水準　10%有意水準

表24　パス間の差に対する検定統計量・P値

表２４より、いくつかのパスにおいて職位ごとに有意に差があると考えられることがわかった、これらの結果を受け、有意な差がないと思われるパスに等値制約を課した仮説モデルを構築した。（図２５）

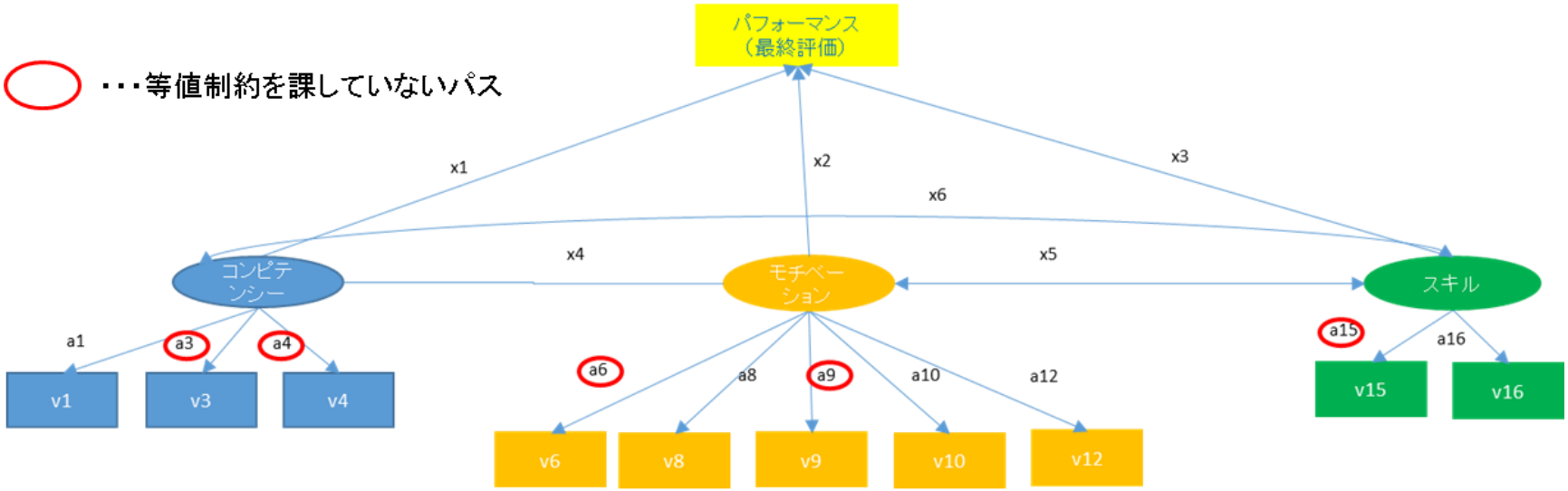

図25　等値制約を課した仮説モデル

Model Chisquare = 173.3324 Df = 139
Pr(>Chisq) = 0.02560537
Chisquare (null model) = 19819.81 Df = 165
Goodness-of-fit index = 0.8977418
Adjusted goodness-of-fit index = 0.8664758
RMSEA index = 0.04896952
90% CI: (0.01839208, 0.07090821)
Bentler-Bonett NFI = 0.9912546
Tucker-Lewis NNFI = 0.9979265
Bentler CFI = 0.9982532
Bentler RNI = 0.9982532
Bollen IFI = 0.9982555
SRMR = 0.1315663

表２６　等値制約を課したモデルの各指標

この仮説モデルのもと、同時分析を行った結果が表２６である。このモデルの当てはまりについて各種適合度は、GFI=0.897、RMSEA=0.0489 であり、GFI の値が 0.9 を下回り、若干悪化しているものの、概ね採択可能な範囲である。これを最終モデルとし、計算したパスの比較が表２７である。

各項目	中項目	部門長	所属長	リーダー
x1	コンピ→パフォーマンス	0.3344281	0.2923162	0.3036227
x2	モチベ→パフォーマンス	0.2099754	0.1835348	0.1906338
x3	スキル→パフォーマンス	−0.143205	−0.125173	−0.130014
x4	コンピ⇔モチベ	0.1262218	0.1262218	0.1262218
x5	コンピ⇔スキル	0.2570686	0.2570686	0.2570686
x6	モチベ⇔スキル	0.435577	0.435577	0.435577

大項目	各項目	中項目	部門長	所属長	リーダー
コンピ	v1	戦略	0.9905819	0.9327248	0.8434474
	v3	計画・プロセス	0.7820604	0.8940722	0.9205907
	v4	個人特性	0.8633053	0.911336	0.9698646
モチベ	v6	やりがい	0.9427905	0.9130036	0.9751612
	v8	満足感	0.8760766	0.7296402	0.7815851
	v9	仕事への適正	0.7842297	0.8278603	0.7188374
	v10	継続性	0.8067735	0.7168602	0.707732
スキル	v12	自己実現	0.8918436	0.799306	0.8638612
	v15	ビジネスリテラシー	−0.97781	0.40803	0.3560686
	v16	コミュニケーションスキル	0.3777983	0.5829331	0.586404

表２７　最終モデルにおけるパス比較

「計画プロセス」：部門長と所属長、部門長とリーダーに有意な差があった
「個人特性」：部門長とリーダーに有意な差があった

「やりがい」: 部門長と所属長に有意な差があった
「仕事への適正」: 所属長とリーダーに有意な差があった
「ビジネスリテラシー」: 部門長と所属長、部門長とリーダーに有意な差があった

上記の 5 項目について、職位ごとに有意な差があることがわかった。「仕事への適正」以外の 4 項目は部門長とその他に有意な差があることがわかった。

第 4 章　分析結果考察・課題

本研究の分析によって、人事部による従業員個人に対する最終評価を指標としたパフォーマンスは、コンピテンシー・モチベーション・スキルの 3 つの要因を用いて、構造方程式モデリングによって説明できることがわかった。中でもパフォーマンスに最も影響を与える要因はコンピテンシーであったことから、企業が従業員のパフォーマンス向上を検討する際には、まずコンピテンシーを上昇させる施策を考えることが重要であるだろう。また各要因においては、重要であると推定された項目が見つかったため、特にその項目のスコアを上げる施策が望ましいといえるが、実際に施策立案に向けては、スコアに対する操作可能性も考慮の上、取り組むのが望ましい。

多母集団同時分析の結果としては、部門長がその他職位と差が見られる項目が見つかった。組織実務上では所属長から管理職として扱われるが、実際に大きな差があるのは部門長からであるとこの結果から言えるのではないかと考えられる。所属長・リーダーにおいては、「計画・プロセス」「個人特性」「ビジネスリテラシー」といった、現場において発揮される能力・特性が部門長よりも潜在因子に対する影響が大きく、プレイヤーとしての力が重要であることを示しているといえる。また中でも「ビジネスリテラシー」の値は、部門長において著しく低く、これらは法律・財務系の知識関連の質問項目に強く結びつく合成変数であり、こうした結果が出たことは更なる考察が必要であると考える。

また本研究の今後の展望についても、分析を通して示唆が得られた。今回の研究は単年の最終評価結果をパフォーマンス指標として使用したが、全体の割合は翌年も変わらないものの、個人単位でみれば年度ごとによって簡単に上下するものである。一方でアンケート項目であるコンピテンシー・モチベーション・スキルは､恐らくではあるが 1 年で大きく変化するものではないと考えられる。そのため今回得られた分析結果、特にパス係数の大小関係については、また違うものとなることが想像できる。これを踏まえて、より分析の精度を上げるためには、経年で今回と同様の手法を用いて分析を行うことが必要であると思われる。

第 5 章　参考文献

[1]佐藤 敦（著)、魚住 剛一郎（著)、大内 久幸（著)、片山 進（著）(2011)：「組織パフォーマンス向上のためのモデル構築と検証～V-MT プログラムとパフォーマンスモデルの有効性の検証～」、三菱総合研究所

[2]入山 崇介（著)、福山　亜紀子（著）(2007)：「組織要因に関する認知と従業員満足との関係についての検討」、株式会社リクルートマネジメントソリューションズ　組織行動研究所）

[3]豊田 秀樹(著) (2014)：「共分散構造分析 R 編―構造方程式モデリング」、東京図書

[4] 豊田 秀樹(編集) (1998)：「共分散構造分析 事例編―構造方程式モデリング」、北大路書房

[5]朝野 熙彦（著)、鈴木 督久（著)、小島 隆矢（著)(2005)：「入門　共分散構造分析の実際」、講談社

[6]フレデリック・ハーズバーグ（著）北野利信　（訳）　(1968)：「仕事と人間性―動機づけ―衛生理論の新展開」、東洋経済新報社

[7]酒井 隆（著）(2012)：「図解 アンケート調査と統計解析がわかる本」、日本能率協会マネジメントセンター

[8]金 明哲（著）(2007)：「R によるデータサイエンス-データ解析の基礎から最新手法まで」、森北出版

[9]鈴木 努（著)、金 明哲（編集）「ネットワーク分析（R で学ぶデータサイエンス 8)」、共立出版

第 6 章　謝辞

本修士論文の執筆にあたり、主査として林高樹教授、副査として大林厚臣教授、林洋一郎准教授からご指導・ご鞭撻を賜り、心から感謝いたします。また岩本隆特任教授には、本修士論文を手掛ける機会を与えてくださり、数々のアドバイスを頂きましたことに感謝申し上げます。共同研究に際しまして、Ａ社の皆様には、業務でご多忙の中調査へご協力頂いたことに心より御礼申し上げます。最後に林研究室の同期の皆様には、ゼミや合宿等を通じて様々な刺激を受け、また互いに励ましあいながら最後まで活動できたことに感謝いたします。

第 7 章　付録

本研究内で多母集団同時分析のため作成した R のコード

```
library(sem)
opt <- options(fit.indices = c("GFI", "AGFI", "RMSEA", "NFI", "NNFI", "CFI", "RNI", "IFI",
"SRMR", "AIC", "AICc", "BIC", "CAIC"))

CHSmodel1 <- specifyModel()
 conpi -> P,x1.1,NA
 moti -> P,x2.1,NA
 skill -> P,x3.1,NA
 conpi -> v1,a1.1,NA
 conpi -> v3,a3.1,NA
 conpi -> v4,a4.1,NA
 moti -> v6,a6.1,NA
 moti -> v8,a8.1,NA
 moti -> v9,a9.1,NA
 moti -> v10,a10.1,NA
 moti -> v12,a12.1,NA
 skill -> v15,a15.1,NA
 skill -> v16,a16.1,NA
 conpi <-> moti,x4.1,NA
 conpi <-> skill,x5.1,NA
 moti <-> skill,x6.1,NA
 v1 <-> v1,e01.1,NA
 v3 <-> v3,e03.1,NA
 v4 <-> v4,e04.1,NA
 v6 <-> v6,e06.1,NA
 v8 <-> v8,e08.1,NA
 v9 <-> v9,e09.1,NA
 v10 <-> v10,e10.1,NA
 v12 <-> v12,e12.1,NA
 v15 <-> v15,e15.1,NA
 v16 <-> v16,e16.1,NA
 P <-> P,e18.1,NA
```

```
 conpi <-> conpi,NA,1
 moti <-> moti,NA,1
 skill <-> skill,NA,1

CHSmodel2 <- specifyModel()
 conpi -> P,x1.2,NA
 moti -> P,x2.2,NA
 skill -> P,x3.2,NA
 conpi -> v1,a1.2,NA
 conpi -> v3,a3.2,NA
 conpi -> v4,a4.2,NA
 moti -> v6,a6.2,NA
 moti -> v8,a8.2,NA
 moti -> v9,a9.2,NA
 moti -> v10,a10.2,NA
 moti -> v12,a12.2,NA
 skill -> v15,a15.2,NA
 skill -> v16,a16.2,NA
 conpi <-> moti,x4.2,NA
 conpi <-> skill,x5.2,NA
 moti <-> skill,x6.2,NA
 v1 <-> v1,e01.2,NA
 v3 <-> v3,e03.2,NA
 v4 <-> v4,e04.2,NA
 v6 <-> v6,e06.2,NA
 v8 <-> v8,e08.2,NA
 v9 <-> v9,e09.2,NA
 v10 <-> v10,e10.2,NA
 v12 <-> v12,e12.2,NA
 v15 <-> v15,e15.2,NA
 v16 <-> v16,e16.2,NA
 P <-> P,e18.2,NA
 conpi <-> conpi,NA,1
 moti <-> moti,NA,1
 skill <-> skill,NA,1
```

```
CHSmodel3 <- specifyModel()
 conpi -> P,x1.3,NA
 moti -> P,x2.3,NA
 skill -> P,x3.3,NA
 conpi -> v1,a1.3,NA
 conpi -> v3,a3.3,NA
 conpi -> v4,a4.3,NA
 moti -> v6,a6.3,NA
 moti -> v8,a8.3,NA
 moti -> v9,a9.3,NA
 moti -> v10,a10.3,NA
 moti -> v12,a12.3,NA
 skill -> v15,a15.3,NA
 skill -> v16,a16.3,NA
 conpi <-> moti,x4.3,NA
 conpi <-> skill,x5.3,NA
 moti <-> skill,x6.3,NA
 v1 <-> v1,e01.3,NA
 v3 <-> v3,e03.3,NA
 v4 <-> v4,e04.3,NA
 v6 <-> v6,e06.3,NA
 v8 <-> v8,e08.3,NA
 v9 <-> v9,e09.3,NA
 v10 <-> v10,e10.3,NA
 v12 <-> v12,e12.3,NA
 v15 <-> v15,e15.3,NA
 v16 <-> v16,e16.3,NA
 P <-> P,e18.3,NA
 conpi <-> conpi,NA,1
 moti <-> moti,NA,1
 skill <-> skill,NA,1

 mg.smd <- multigroupModel(CHSmodel1, CHSmodel2, CHSmodel3,
groups=c("0","1","2"))
 test4$work <- factor(test4$work)
 sem.mg.smd <- sem(mg.smd, data=test4, objective=msemObjectiveGLS,
```

```
group="work",fix.x=c('conpi','moti','skill'))
 summary(sem.mg.smd)
 stdCoef(sem.mg.smd)

 vb <- sem.mg.smd$coeff
 vse <- sqrt(diag(sem.mg.smd$vcov))
 vve <- diag(sem.mg.smd$vcov)

vb1 <-
vb[c("x1.1","x2.1","x3.1","a1.1","a3.1","a4.1","a6.1","a8.1","a9.1","a10.1","a12.1","a15.1"
,"a16.1","x4.1","x5.1","x6.1")]
 vb2 <-
vb[c("x1.2","x2.2","x3.2","a1.2","a3.2","a4.2","a6.2","a8.2","a9.2","a10.2","a12.2","a15.
2","a16.2","x4.2","x5.2","x6.2")]
 vve1 <-
vve[c("x1.1","x2.1","x3.1","a1.1","a3.1","a4.1","a6.1","a8.1","a9.1","a10.1","a12.1","a15.1
","a16.1","x4.1","x5.1","x6.1")]
 vve2 <-
vve[c("x1.2","x2.2","x3.2","a1.2","a3.2","a4.2","a6.2","a8.2","a9.2","a10.2","a12.2","a1
5.2","a16.2","x4.2","x5.2","x6.2")]
 vse12 <- sqrt(vve1 + vve2)
 vz1 <- (vb1 - vb2)/ vse12
 vz1
 2*(1-pnorm(abs(vz1)))

vb2 <-
vb[c("x1.2","x2.2","x3.2","a1.2","a3.2","a4.2","a6.2","a8.2","a9.2","a10.2","a12.2","a15.
2","a16.2","x4.2","x5.2","x6.2")]
 vb3 <-
vb[c("x1.3","x2.3","x3.3","a1.3","a3.3","a4.3","a6.3","a8.3","a9.3","a10.3","a12.3","a15.
3","a16.3","x4.3","x5.3","x6.3")]
 vve2 <-
vve[c("x1.2","x2.2","x3.2","a1.2","a3.2","a4.2","a6.2","a8.2","a9.2","a10.2","a12.2","a1
5.2","a16.2","x4.2","x5.2","x6.2")]
 vve3 <-
vve[c("x1.3","x2.3","x3.3","a1.3","a3.3","a4.3","a6.3","a8.3","a9.3","a10.3","a12.3","a1
```

```
5.3","a16.3","x4.3","x5.3","x6.3")]
 vse23 <- sqrt(vve2 + vve3)
 vz2 <- (vb2 - vb3)/ vse23
 vz2
 2*(1-pnorm(abs(vz2)))

 vb1 <-
vb[c("x1.1","x2.1","x3.1","a1.1","a3.1","a4.1","a6.1","a8.1","a9.1","a10.1","a12.1","a15.1"
,"a16.1","x4.1","x5.1","x6.1")]
 vb3 <-
vb[c("x1.3","x2.3","x3.3","a1.3","a3.3","a4.3","a6.3","a8.3","a9.3","a10.3","a12.3","a15.
3","a16.3","x4.3","x5.3","x6.3")]
 vve1 <-
vve[c("x1.1","x2.1","x3.1","a1.1","a3.1","a4.1","a6.1","a8.1","a9.1","a10.1","a12.1","a15.1
","a16.1","x4.1","x5.1","x6.1")]
 vve3 <-
vve[c("x1.3","x2.3","x3.3","a1.3","a3.3","a4.3","a6.3","a8.3","a9.3","a10.3","a12.3","a1
5.3","a16.3","x4.3","x5.3","x6.3")]
 vse13 <- sqrt(vve1 + vve3)
 vz3 <- (vb1 - vb3)/ vse13
 vz3
 2*(1-pnorm(abs(vz3)))
```