

ベイジアンネットワークの確率推論による商品開発とマーケティング戦略

～バニラカップアイスの設計と意思決定支援への適用を通して～

Marketing strategy and product development using Bayesian networks

芳賀麻誉美* 本村 陽一**

Mayomi HAGA* Yoichi MOTOMURA**

* 女子栄養大学 食情報科学研究室 **独立行政法人 産業技術総合研究所

* Kagawa Nutrition University ** National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Abstract:

In order to make rational marketing strategy and product development, quantitative prediction about each strategy is necessary. Now a days, neural networks and graphical models are applied to marketing research. Neural networks have data fitting and prediction ability but not explicit explanation ability. Most graphical models like structural equation modeling assume linearity and Gaussian property, so marketing data including non-linear relationship may not be handled well by these conventional modeling methods. We propose the method using Bayesian networks which can model non-linear and structural relationship for marketing and product development. Evaluation structure for 9 ice creams is modeled by Bayesian network software BayoNet with questionnaire data taken from 126 students in Kagawa Nutrition University. After constructing the model, we can apply probabilistic reasoning algorithms of Bayesian network to predict a customer's response according to changing components of products, occasion and target customer category. Optimal marketing strategy and optimal product recommendation are also realized by our framework. In this paper, we show the result of proposed method with some marketing scenarios using a probabilistic reasoning algorithm, loopy BP.

1. はじめに

マーケティング分野における「製品」とは E.H.チェンバリンの「効用の束」という捉え方が、近年最も普及した考え方である[1]。

このように、マーケティング分野では概念として「製品」を再定義することによって、より不偏的で一般的にマーケティングの一要素として製品を語ることに成功した。

しかし他方で、あまりにも強く徹底的な概念化を行ったことで、実態のあるモノとしての「製品」が忘れ去られ、現実の製品開発に役立ちにくいといった弊害が生じてきている。

さて、商品開発のためのマーケティング・リサーチ、さらに統計モデルの利用を考える時、

「意思決定にどれだけ役立つか」という観点が必要である。近年、この分野では、因果構造を暗黙に仮定した「構造化」を考える方法論が、その説明性の高さから取り上げられてきており、定性調査としての評価グリッド法や、分析法としての構造方程式モデリング、グラフィカルモデリングが大きな柱として利用されてきている[2][3][4]。しかし、対象者の属性要因（ヒト）と、製品の属性要因（モノ）、さらに製品の官能評価データの関係性について評価構造モデルを仮定して解析する場合には、非線形な関係性を含むことがあり、そのため構造方程式モデリングや量的グラフィカルモデリングが必ずしも機能しない。

また、従来のニューラルネットワークに代表される非線形モデルの多くは、単に学習データのフィッティングと予測精度のみを重視しており、説明性が高くない。そのため次の一手を探ることが難しく、意思決定を支援しない。

芳賀 麻誉美 女子栄養大学 食情報科学研究室
〒350-0288 埼玉県坂戸市千代田 3-9-21
TEL&FAX : 049-282-7332
E-Mail : haga@eiyo.ac.jp

そこで本研究では、実態としての製品と概念としての製品を結びつけて、非線形関係を含んだ構造全体をモデル化する。そして記述と予測を同時に行うために、ベイジアンネット[9]およびソフトウェア BayoNet[5]を使ってモデル構築を行う。さらにいくつかの開発ストーリーを念頭に置いた「マーケティング・シナリオ」を用意し、それに基づく確率推論を実行することにより、商品開発上の意思決定を支援するという枠組み提案する。本稿ではこれを実データ分析結果を用いて具体化し、提案する枠組みと手法の有用性を示す。

2. 事例背景

バニラカップアイスは、昭和 28 年の本格的な工業生産開始以後、多くの日本人に愛されている代表的な嗜好食品である。

バニラカップアイスと一口に言っても、中身の組成、味、形態などバラエティーに富む様々なタイプの商品を作ることができることは、一般にはあまり知られていないが、これは 100 円前後の低価格帯では明治エッセルスーパーカップ超バニラ、250 円前後の高価格帯はハーゲンダッツミニカップバニラが市場を席巻していることと無関係ではない。

2つの価格帯での各商品の成功は、高次のマーケティング活動の成果によるものだが、基本的な製品力、機能品質の高さに支えられていることは紛れも無い事実である。

ここでは100円価格帯と250円価格帯の中間価格帯で、新たに成功可能な機能品質の高い製品の基本組成を探ることを第一の目的にして、2要因3水準の実験計画により試作した「バニラカップアイス」に対する官能評価データと、対象者属性を直接回答させたアンケートデータを用いて、「マーケティング・シナリオ」に沿ったベイジアンネットの確率推論を使った意思決定支援を行い、試作バニラカップアイスの商品開発とマーケティング戦略に役立てるとい実例を報告する。

3. 調査方法

3.1 調査対象者

女子栄養大学栄養学部 3 年生を主体とする女子学生 126 名。

3.2 実施日時

2000 年 7 月 22 日～8 月 3 日の期間中の 2 日間。

3.3 サンプル

サンプルは換算甘味度と脂肪量の 2 要因各 3 水準の実験計画により作成。具体的には、換算甘味度は 10%・12%・14% (砂糖・水あめ使用) の 3 水準、脂肪分は 8%・10%・12% (無塩バター使用) とし 70ml 容の透明プラスチックカップに充填し、2 桁の数字を付したものをサンプルとした。

表 1. サンプル

Sample	甘味度	脂肪量	
No. 1	93	10	8.0%
No. 2	87	10	10.0%
No. 3	76	10	12.0%
No. 4	61	12	8.0%
No. 5	50	12	10.0%
No. 6	48	12	12.0%
No. 7	34	14	8.0%
No. 8	25	14	10.0%
No. 9	12	14	12.0%

3.4 調査実施方法

調査は集合調査法とし、大学内教室 (10M×6M) で 1 回約 40 名に対し、相互作用を受けないよう席を離れた一人掛けの机で評価を行わせた。

調査は全被験者に一日に午前・午後各 1 回 (2 回)、2 日間で計 4 回の調査を実施し、1 回につき 3 品を個別に絶対評価させた (ただし前日に評価基準確立のため相対比較により全 9 品を全対象者共に試食済み。また一番最初の評価は初期効果が大きいことが見込まれるため、練習として No. 5 のサンプルに 05 という 2 桁の数字を付したものを全対象者とも試食評価した後本調査として 9 品の評価を行うなどの工夫を行っている。)

各被験者へのサンプル提示順序は、順序効果の平均化のため、毎調査の 1 品目に評価するサ

サンプルを全品ともほぼ同数になるよう各サンプル 16 名程度とした上で、残りはランダムマイズした(セミランダムマイズ)。サンプルは評価時に喫食適温の -14°C となるよう -17°C 前後で調温の上、提示した。

外気温が 27°C ~ 32°C であったので、調査室温は $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ に設定した。

また、実施前には評価目的の説明と、①評価の前と次のサンプルを試食する際には口ゆすぎ用の水を飲むこと、②前のサンプルの評価を後から訂正しないこと、③評価中の私語、口紅・香水使用は禁止とすること、という 3 点の注意を行った。

3.5 調査項目と測定法

事前に 34 名に定性調査として面接法による評価グリッド法を行い、中身の評価項目 18 項目とそれに対応する好み評価 18 項目を下位項目として選定、さらに総合品質評価 2 項目と、中位~上位評価項目 37 項目にフリーアンサー等を含めた全 80 項目を調査項目とした。なお、いずれの調査項目も両極の 7 段階評点尺度法で測定した。

3.6 その他

調査終了時に、対象者属性の把握の為に、デモグラフィック要因とバニラカップアイスに対する関与度等の項目を含む質問紙調査(アンケート)を実施した。

また、9 つの製品属性についてもデータとしてまとめた。

4. 分析法

4.1 分析データ

本研究では以下の 3 つのデータを作成、利用した。

①対象者属性データ

対象者のデモグラフィック要因とバニラアイスに対する関与状況を含むアンケートデータ。「生活環境(自宅/一人暮らし/その他)」「アイス食頻度(ヘビー/ライト/ノン)」「好きなアイスのタイプ(100 円個食/250 円個食

/家庭用)」「購入時重視点(パッケージ/ブランドメーカー/価格/中身/量大きさ/その他)」の 4 変数を最終的なモデル作成時に使用した。

②製品(バニラアイス)属性データ

9 試作品の設計条件および、成分組成などの機器測定可能なデータ。うち、設計条件の「甘味度」「脂肪量」「甘味度・脂肪量」の 3 変数を使用した。

③バニラカップアイスの官能評価データ

対象者による試食を伴うバニラカップアイスの官能評価データのうち、回答不備のある 3 名を除いた、123 名分のデータの 9 製品の繰返し測定データ 1107 ケース。構造方程式モデルによる予備解析結果を参考に変数選択を行って、下位(製品属性)評価 8 変数、中位(ベネフィット)評価項目を 6 変数、総合評価項目として「買いたさ」1 変数の計 13 変数を使用した。

4.2 分析方法

ベイジアンネットワークを用いて、「買いたさ」を予測するモデル構築と、マーケティング・シナリオに沿った確率推論とを行う。

具体的には、図 1 および図 2 に示す仮説モデルに基づいて、Bayo Net によって K2 アルゴリズムを使用した Greedy 探索を用い、DAG ではないモデルが出来た場合には「双方向回避機能」を用いて双方向リンクを回避しながらモデル構築を行った。なお、評価基準設定は、AIC MDL ML の 3 基準で行い比較検討した。

ただし、このモデル探索では後述する探索条件に従って、複数のモデルを比較検討した。

確率推論は、Loopy BP を利用して行った。

1) 仮説モデル

まず、官能評価データは総合評価:T、中位評価(ベネフィット):B、下位評価(製品属性評価):A の 3 つに分割し、対象者属性データと製品属性データの計 5 区分とする。

その上で考慮すべき変数間関係の仮説モデルの模式図を図 1 に、基本構造図を図 2 に示す。

これは、製品開発のためのマーケティング・リサーチの体系的な方法論である 3-Step Research の基礎として芳賀が提案した選好評価の階層構造分析モデル[6]に準拠した形式を取っている。

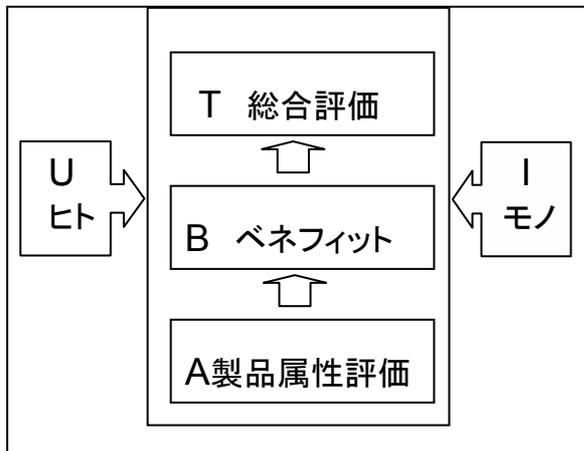


図1 仮説モデル模式図

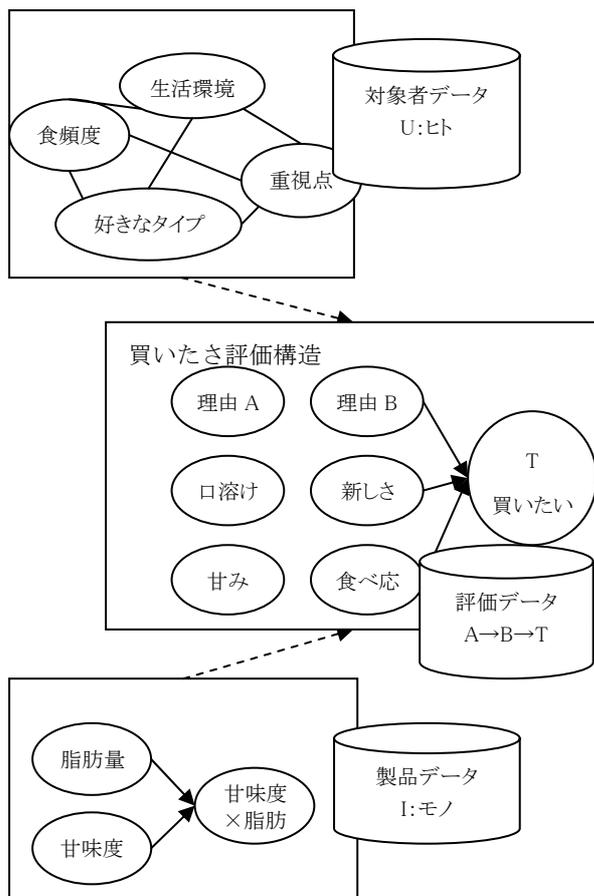


図2 仮説モデルの基本構造

2) モデル探索

ベイジアンネットワーク構築ソフト BayoNet[5]を利用して、図1および図2に示した仮説モデルに基づきモデル探索を行う。

探索の制約条件は、以下のように設ける。

〈A. 官能評価データの階層に絡む制約：4条件〉

- ・制約 A1：T から他の区分変数へのパスを仮定しない (T→B, T→A, T→U, T→I の探索を行わない)。
- ・制約 A2：A1に加えてUとIへのパスは仮定しない (B→U, A→U, I→U, B→I, A→I, U→I の探索を行わない)。
- ・制約 A3：A2に加えてIからBへのパスとBからAへのパスを仮定しない (I→B, B→A の探索を行わない)。
- ・制約 A4：A3に加えてB同士およびA同士のパスを仮定しない (B→B, A→A の探索を行わない)。

〈B. 官能評価データ内の制約：2条件〉

- ・制約 B0：BとA間のパスを仮定しない (B→B, A→A, B→A, A→B の探索を行わない)
- ・制約 B1：BとA間のパスを仮定する。

〈C. 対象者属性データ内の制約：2条件〉

- ・制約 C0：U同士のパスを仮定しない (U→U の探索を行わない)。
- ・制約 C1：U同士のパスを仮定する。

これらの制約は、図1、図2中で矢印で示した5要因間の関係性における方向性の仮定を示している。事前知識としてこれらの仮定をモデル探索に反映することの効果を見るために、条件A(4)×条件B(2)×条件C(2)の16条件と条件なし(全探索)の計17条件で、それぞれ評価基準をAIC MDL MLの3基準でモデル探索を行い、最終モデルを作成、計51モデルの比較検討を行った。

3) 「マーケティング・シナリオ」に基づく確率推論の利用[7][8]

マーケティング活動における意思決定の場面を想定して、「マーケティング・シナリオ」を

作成し、利用する。

これは、図1に示した総合評価 (Target) を除く4区分の変数 (ノード) のどこを所与としてどの順に何を推論するのかという、確率推論ストーリーに相当し、事前確率からの差異によって意思決定を支援するという考え方である。ここでは、代表的なシナリオのパターンである以下の4つを作成、推論を行った。

①商品企画・広告戦略

B ベネフィット評価決定→A 製品設計条件決定→U 人属性決定→T 買いたさを推定

②顧客の絞込み、ターゲット選定

A 製品設計条件決定→U ターゲット決定→T 買いたさを推定

③商品設計からのリコメンデーション

U 人属性決定→A 製品設計条件決定→T 買いたさを推定

④ターゲットのベネフィット把握

U 人属性・A 設計条件決定→B ベネフィット評価決定→T 買いたさを推定

5. 結果

5.1 モデル

探索結果の比較および詳細とモデルの妥当性に関する議論は、当日の口頭発表時に行う。

ここでは全体的な適合度のよいモデルの例として、ML 基準による条件なし (全探索) で得られたモデル図を示す。

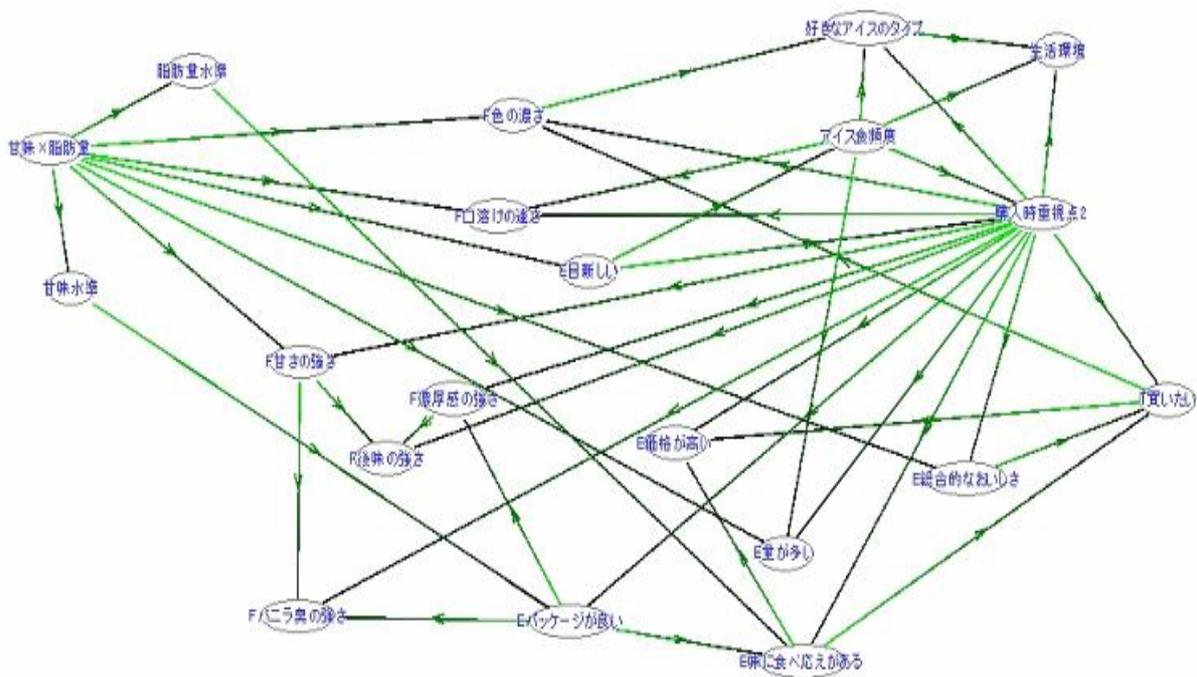


図3. モデル図例 (ML 基準による全探索条件)

5.2 確率推論結果

詳細な結果は当日にソフトのデモを含めて報告を行う。

ここでは、いくつかの「マーケティング・シナリオ」に沿った検討過程を例として示す。

①商品企画・広告戦略のための検討課程

まず、「味に食べ応えがある」という項目で A 評価である場合の買いたさについて確率推論を行うと、事前確率 34.9%が、50.5%へと上昇する。このことから「味に食べ応えがある」という項目を対象者への訴求コンセプトとなる重要ベネフィットと決める。

次に、この訴求コンセプトに反応する対象者の属性を絞り込むために、買いたさ評価を A に固定して、確率推論を行う。推定値の上昇した「自宅に住む」「好きなアイスが 250 円派」「ヘビーユーザー」にターゲットを定める。

今度は、「味に食べ応えがある A 評価」で「自宅に住む」「好きなアイスが 250 円派」「ヘビーユーザー」の買いたさについて、再推定する。事前確率に比較し、A 評価が 49.0% と十分に高いことを確認する。

②顧客の絞り込み、ターゲット選定

まず、製品設計条件を甘味度 3、脂肪量 3 に決定し、確率推論を行うと 39.2% と事前確率に比較し上昇することを確認。

次にこの製品に反応する対象者の属性を絞り込むために、買いたさ評価を A に固定して、確率推論を行う。推定値の上昇した「自宅に住む」「好きなアイスが 250 円派」「ヘビーユーザー」にターゲットを定める。

今度は、製品設計条件を「甘味度 3 脂肪量 3」として「自宅に住む」「好きなアイスが 250 円派」「ヘビーユーザー」の買いたさについて、再推定する。事前確率に比較し、A 評価が 38.3% と高いことを確認する。

6. まとめと今後の課題

モデル構築の段階において、適切な仮説モデルと事前知識による制約をかけることで、適合の高いモデルを構築できる可能性が示唆された。

また、モデル構築後の確率推論の手順が事前に想定できる場合には、その推論パターンに沿って予測推論が適切に行われるモデルが変わることも示された。

加えて、モデル構築の後に、マーケティングシナリオに沿った確率推論を行いながら、状況シミュレートし、意思決定を支援することが、マーケティング活動上有効であることが認められた。

今後は、ベイジアンネットの学習機能を生かして、製品開発のためのマーケティング・リサ

ーチをより効率的に無駄なく実施するためのシステム構築を検討する。また、購買履歴データとの連結によるモデル構築と確率推論を行い、有効性の高い意思決定支援を実現していく予定である。

参考文献

- [1] Chamberlin, E. H. : *The Theory of Monopolistic Competition*, 8th ed., Harvard U. P., 962, p8
- [2] 真柳麻誉美: バニラカップアイスの購買構造分析～評価グリッド法の応用による探索的構造分析および AHP による評価～「第 29 回官能評価シンポジウム発表報文集」, 財団法人日本科学技術連盟, pp. 105-112 (1999)
- [3] 真柳麻誉美: 市販牛乳の書いたさ構造の解明～レポートリーグリッド法による定性分析と SEM による定量分析～第 30 回官能評価シンポジウム発表報文集, 財団法人日本科学技術連盟, 41-46, (2000. 10. 16)
- [4] 芳賀麻誉美: 評価グリッド法の測定法と運用方法の進化, 日本行動計量学会 第 81 回行動計量シンポジウム「評価グリッド法」その理論と測定・分析法の現状と進化, 資料集 (2004. 8. 21)
- [5] 本村陽一, “ベイジアンネットソフトウェア BayoNet,” 計測と制御, vol. 42, no. 8, pp. 693-694 (2003).
- [6] 芳賀麻誉美: 新商品開発技術 官能評価の最新手法, 冷凍, 79, 30-36 (2004)
- [7] 芳賀麻誉美, 本村陽一: ベイジアンネットの確率推論による製品開発・製品戦略, 第 77 回日本マーケティング・サイエンス学会資料 (2005), (要旨印刷中)
- [8] 芳賀麻誉美: 3-Step Research による食品開発へのアプローチ<事例編>, 食品工業 (印刷中)
- [9] 本村陽一, “ベイジアンネットワーク”, 学習システムの理論と実現(著)渡辺澄夫他, 3 章, 森北出版 (2005).