

## ロジスティック・モデルから求めた音楽 CD 売上げ予測

小柳 文子\*<sup>1</sup>, 近 匡\*<sup>2</sup>, 総田 侑三\*<sup>3</sup>

### Music CD Sales Forecast Analyzed by Logistic Model

Fumiko KOYANAGI\*<sup>1</sup>, Tadashi KON\*<sup>2</sup>, Yuzo KASEDA\*<sup>3</sup>,

**ABSTRACT** : The number of CD sales relates with many factors ; such as genre, artistes, advertising effect and the quality of music as well. However, the total sales number of any music CD reaches saturation after an arbitrary period. When the speed and the total number of the sales are investigated in detail, it turns out to be a particular patternizing. This sales pattern is similar to the breeding phenomenon of a creature which represents saturation with a constant period of time. To assemble a forecast equation, we analyzed the sales characteristics of Top-12 music CD in 2005 for detecting the adjustable parameter of the logistic model. This paper reports that the forecast equation offers both an accurate predicting number of music CD sales and a correct saturation period of time. Therefore, using this equation, we can estimate the effective timing of advertising and forecast the sales goals.

**Keywords** : Music CD, Sales Forecasting, Adaptive Strategy, Modeling

(Received April 12, 2007)

### 1. はじめに

音楽 CD の売り上げには、楽曲の質の高さは勿論のこと、ジャンル、アーティスト、宣伝効果などの様々な要因が関係している。しかしながらどんな曲であっても、一定の期間を経て、やがて売り上げは頭打ちとなる。その売り上げのスピードと売り上げ数を詳細に調査してみると、一定のパターン化が出来ることが分かる。この売上げパターンは、生物の繁殖が時間と共に飽和する関係と良く似ている。このことより、本稿では、数理生物学におけるロジスティック・モデルを用いて、音楽 CD の売上げ動向に適応するパラメータの決定を行い、予測方程式を導くことができた。本予測方程式を用い、ヒットチャート上の曲に適応したところ、初期段階での売り上げ枚数から目的とする期間の CD の販売総数、ならびに目標販売数に達する時間を正確に予測することが出来た。

このことより、本方程式を用いることで、音楽 CD の最終的な売上げ数、ならびに効果的な宣伝の時期や、売り上げを目標値まで延ばす期間等を予見することが可能

となったので報告する。

### 2. 音楽 CD の市場原理とロジスティック・モデル

商品の販売戦略というものは、経済学の中ではマイクロ経済学の守備範囲にある。需要と供給のバランスで価格が決定されるマイクロ経済学の中では、商品の価値は価格で決定され、商品の販売戦略は市場をいかに支配するかにある<sup>[1]</sup>。一方、商品としての音楽 CD は、コンテンツの魅力が商品の価値であり、価格には必ずしも影響を受けない。また販売動向は、需給バランスにあるわけではなく発売時からの時間経過、すなわち「寿命」に強く依存する。従っていわゆる需要と供給関係に見る市場原理は働かず、市場均衡という概念とは本質的に馴染まない部分がある。

音楽 CD の販売には、「一定時間の経過と共に飽和する」傾向が見られることを既に述べたが、均衡に至る以前の過度現象がヒットの性質を示すものと考えられる。すなわち、この過度現象における揺らぎを最大限に活用することが、音楽業界の短期収益性市場に大きな意味を持つものと考えられる。音楽 CD のこういった過渡現象的振る舞いの詳細は、3章ヒットチャートの分析と特徴

\*<sup>1</sup> : 物質生命理工学科助手 koyanagi@st.seikei.ac.jp

\*<sup>2</sup> : 物質生命理工学科教授

\*<sup>3</sup> : 物質生命理工学科平成 18 年度卒業生

抽出で述べるが、ここでは以上の過渡現象を数理生物学のロジスティック・モデルから考察する。

## 2. 1 ロジスティック方程式<sup>[2]</sup>

ロジスティック方程式とは、個体群生態学において、個体群成長のモデルとして考案された微分方程式である。その後、カオス理論の出発点の一つともなり、現在では、生態学のみならず、多くの分野で応用が行われている。

またロジスティック方程式は、1838年にベルハルストが人口増加を説明するモデルとして考案し、彼が兵站学(ロジスティクス)教官であったためロジスティックと命名したといわれている。その後次第に、個体群モデルの基礎として浸透し、平衡状態に至る一般的な力学モデルとして用いられるようになった。

ロジスティック方程式は、(1)式で示されるように、1個体当たりの増加率  $r$  を、個体数  $N$  と共に減少する関数として表したものである。

$$\frac{dN}{dt} = r(k - N)N \quad \dots (1)$$

ここで、 $k$  は環境収容力、つまりその環境における個体数の生息可能な定数を示す。また、 $r$  は(相対)内的自然増加率で、生物がその環境の中で生存可能な増加率を示す。実際の増加率は  $N$  が  $k$  に近づくにつれて減少し、 $N = k$  ならば増加率は 0 となる。 $N > k$  だと、増加率はマイナスとなり、個体数が  $k$  になるまで減少する。つまり(2)式にみるように、個体数は環境によって与えられる生息可能な数に時間と共に収束する事を示している。

$$\frac{dN}{dt} = \left(1 - \frac{N}{k}\right)rN \quad \dots (2)$$

## 2. 2 CD 売上げ予測式

それでは、CD の売上げの場合について、このロジスティック・モデルを用いるとしたらどのようなパラメータが対応出来るだろうか。音楽 CD の売り上げには先に述べたように、楽曲の質の高さは勿論のこと、ジャンル、アーティスト、宣伝効果、時に口コミなどによる予測できない様々な要因が関係している。しかしながらどんな曲であっても、一定の期間を経て、やがて売り上げ枚数は頭打ちとなる。その売り上げのスピードと売り上げ枚数は、2. 1 のロジスティック・モデルに述べたような、生物の個体成長の数理モデルに当てはめることが出来る。従ってここでは、この現象を表す指標として、次

のようなモデルを考えた。

まず、音楽 CD の販売数を表す式としてその総数を  $I$  としたとき、何らかの環境変数  $k$  によって時間と共にその売上げ数は変化し、やがて(3)式のように総数  $I$  に収束するものと考えられる。

$$\frac{dI}{dt} = k(1 - I) \quad \dots (3)$$

このときの  $k$  は楽曲の持つ特異性や宣伝に関わる因子であると考えられる。従って、このロジスティック方程式から、時間の変数として解を求めると、

$$SI(t) = I_{term} \{1 - \exp(-kt)\} \quad \dots (4)$$

となる。このときの  $I_{term}$  は発売からの  $t$  時間経過後の音楽 CD の売上げ枚数であり、予測因子  $k$  が決定できれば、目的の時間の売上げ枚数  $SI$  が求められることになる。このことから本研究では予測因子  $k$  の振る舞いについて、音楽 CD の売り上げの特徴的な分類を行うことでパラメータを決定した。次章に分析に用いたデータの詳細と、パラメータの決定方法について述べる。

## 3. ヒットチャートの分析と特徴抽出

音楽 CD の売上げの指標として、米国の Billboard 誌同様、国内ではオリコンチャートが広く用いられている。オリコンチャートとは、オリコン株式会社が発表する音楽ヒットチャートで、ポップス、演歌、洋楽などのジャンル別データを、日間、週間、月間などの集計期間ごとに発表している。最近では、DVD やゲームなどの売り上げランキング、並びにモニター調査による CM の好感度なども発表している。

多くの音楽業界がこのヒットチャートによりその商業的価値を位置付けており、企業、メディア等の大いなる関心の的となっている<sup>[3]</sup>。このオリコンチャートは約40年の歴史を持ち、分析の基準とするに十分なデータ量を保有していると考えられる。以下このヒットチャートから見て取れる特徴と、パラメータの分析手法について述べる。なおパラメータの分析には **Mathematica Ver. 5.2**<sup>[4]</sup> を使用している。

### 3. 1 ヒットチャートの傾向と戦略

音楽 CD の売り上げ状況を計測するために、2005 年度

のオリコンチャート<sup>[5]</sup>を利用した。このヒットチャートによる累計売り上げデータは、ヒットチャート圏と考えられる週刊チャート 200 位以内（アルバムは 300 位以内）を単純に加算したものであり、圏外に落ちてからの売り上げは含まれない。従って、継続的に支持され長いスパンで見れば、売り上げ枚数が上位に上がるようなものは計測されていない。

このヒットチャートが音楽業界の販売促進の戦略として用いられるようになってから、しばしばその恣意性が指摘されている。とりわけ特定のアーティストの CD 発売時期については、ランキング 1 位の必要性から重複を避ける傾向がある。また、年間チャートの上位にランクインされる楽曲は、前年度の 11 月最終週～12 月第 1 週にヒットチャートの上位にあった傾向が顕著である。このような特徴があるものの、音楽 CD の売上げ動向は比較的因果関係が明確であると考えられる。

一方、ヒットを生み出すメカニズムについては、様々な角度からの取り組みもある<sup>[6],[7]</sup>。ここでは特定の要因や、心理的要因を排除した一般的数理モデルを構築すべく、モデル化が向かない特殊なケースは取り除いて処理している。こういった特別なモデルが必要なケースについての取り扱い、5. 考察の中で改めて述べる。

### 3. 2 ヒットチャートのデータ処理

「オリコン年間 2006」を用いて 2005 年度年間売上 SINGLE TOP-12 のデータを取ったものが表 1 である。2005 年度の音楽 CD 市場では、これまで市場の中心を担っていた女性アーティストに代わり、男性アーティストが年間売り上げランキングの上位を占めるようになった。このことから売り上げランキングが、必ずしも消費者側の性差に大きく左右されないものと思われる。

一方、急激に売り上げランキングを上げる要素として、音楽業界におけるタイアップの戦略が指摘されている。この「タイアップ曲」とは、その曲の知名度を上げる目的として、主に CM やテレビ番組、さらには映画の主題歌などに使われる曲のことを言う。映像と音楽は比較的融合し易いと言われ、その音楽を聞くとその映像が思い出されるというように、双方の相乗効果をもたらすことも期待出来る。

こういったことから、音楽 CD チャートの動向には、明らかにタイアップ曲と、ノンタイアップ曲の宣伝効果の開きがあるものと考えられる。本研究では、楽曲の分類として、男性、女性アーティストの他、特にこのタイアップ曲であるかないを分類し、分析することとした。

表 1 2005 年度年間売上 SINGLE TOP-12 のデータ

順位	売上枚数	タイトル	アーティスト
	(単位・1 枚/本)		
1	945315	青春アミーゴ	修二と彰
2	942675	さくら	ケツメイシ
3	924379	四次元 Four Dimensions	Mr.Children
4	628329	* ~アスタリスク~	ORANGE RANGE
5	537783	SCREAM	GLAY × EXILE
6	525905	Anniversary	KinkKi Kids
7	505649	OCEAN	B`z
8	447393	ラヴ・パレード	ORANGE RANGE
9	427043	ファンタスティポ	トラジ・ハイジ
10	423593	GLAMOROUS SKY	NANA starring MIKA NAKAJIMA
11	417464	お願い！セニョリータ	ORANGE RANGE
12	410924	キズナ	ORANGE RANGE

※データ取得が困難な為、本研究では使わなかったデータである

### 3.3 パターン別によるkの値

これまで述べてきた音楽CDの売上げ動向を、2.2節の(4)式のロジスティック・モデルとして捉え、それぞれのkの値を基に男性・タイアップ、男性・ノンタイアップ、女性・タイアップと図1に見るようなパターン化を行った。

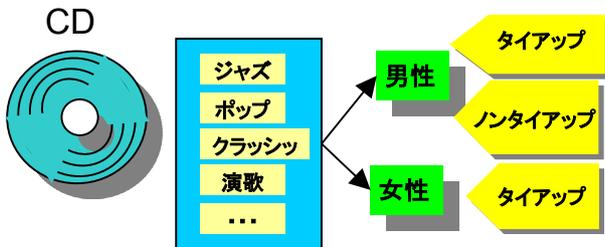


図1. 楽曲の宣伝効果による分類

データのフィッティングにはプログラム言語として *Mathematica* を用い、飽和値（音楽CDの最終売上げ枚数）で正規化し、kの値を求めている。また、集計期間を音楽CDの発売以降、4週に渡る期間を各週について評価した。この結果を示したのが表2～表5である。

なお、男性・ノンタイアップ、女性タイアップ曲は2005年度年間売上 SINGLE TOP-12 にそれぞれ1曲しかランクインされなかったため、2005年に発表されたそれぞれの曲のkの値をとり、表3、4で示した。

また表5はパターン別にまとめたkの値を示している。男性・タイアップ曲としてグルーピングされた曲では、どのような楽曲であってもほぼ同様なkの値となった。このことからkの平均値をとり予測パラメータとした。

表2 男性・タイアップによるkの値

男性・タイアップ					
		t			
タイトル	アーティスト	1	2	3	4
四次元 Four Dimensions	Mr. Children	0.96	0.73	0.66	0.52
*~アスタリスク~	ORANGE RANGE	0.74	0.64	0.57	0.52
SCREAM	GLAY×EXILE	0.84	0.63	0.51	0.49
OCEAN	B'z	0.74	0.6	0.55	0.49
ラブ・バレット	ORANGE RANGE	0.7	0.57	0.52	0.48
ファンタスティボ	トランス・ハイジ	0.64	0.51	0.46	0.43
お願い！セヨリータ	ORANGE RANGE	0.87	0.68	0.58	0.51
キズナ	ORANGE RANGE	0.76	0.65	0.61	0.57
k_average		0.78	0.63	0.56	0.50

表3 男性・ノンタイアップによるkの値

男性・ノンタイアップ					
		t			
タイトル	アーティスト	1	2	3	4
さくら	ケツメイシ	0.25	0.24	0.23	0.22
南風	レミオロメン	0.48	0.32	0.26	0.21
k_average		0.37	0.28	0.25	0.22

表4 女性・ノンタイアップによるkの値

女性・タイアップ					
		t			
タイトル	アーティスト	1	2	3	4
GLAMOROUS SKY	NANA starring MIKA NAKAJIMA	0.33	0.34	0.37	0.38
Dreamland	BENNIE K	0.39	0.33	0.31	0.29
k_average		0.36	0.34	0.34	0.34

表5 パターン別によるkの値

	t			
	1	2	3	4
男性・タイアップ	0.78	0.63	0.56	0.50
男性・ノンタイアップ	0.37	0.28	0.25	0.22
女性・タイアップ	0.36	0.34	0.34	0.34

## 4. 結果

パターン別に表5のkを用いて(4)式で集計期間tをパラメータに4週までフィッティングし、予測したものを図2～7に示した。

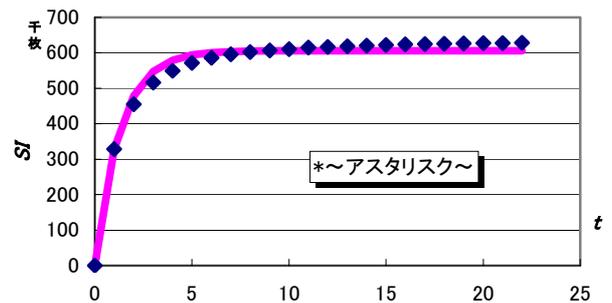


図2 \*~アスタリスク~を男性・タイアップを1週目k=0.78でフィッティングした場合の売上予測

男性タイアップ曲であるアーティスト「オレンジレンジ」の「\*~アスタリスク~」を、男性・タイアップ係数1週目のk=0.78でフィッティングしたのが図2である。このとき、最終売上枚数628,329枚に対して予測売上枚数は606,026枚で、その差22,303枚（誤差率3.5%）であった。また2週目のk=0.63でフィッティングする

と、予測売上枚数は 635,352 枚となり、その差は 7,023 枚（誤差率 1.1%）となった。更に 3 週目の  $k=0.56$  では、予測売上枚数は 634,026 枚、その差 5,697 枚（誤差率 0.9%）であり、4 週目の  $k=0.50$  では、予測売上枚数が 635,149 枚その差 6,820（誤差率 1.1%）と、週を追うごとに予測値の精度が上がる事が明確になった。

一方男性・ノンタイアップ曲の例として、アーティスト「ケツメイシ」の「さくら」という曲について検討したものが図 3～5 である。

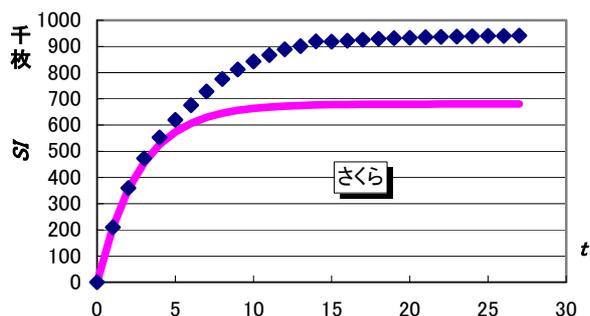


図 3 ケツメイシのさくらを男性・ノンタイアップ係数 1 週目、 $k=0.37$  でフィッティングした場合の売上予測

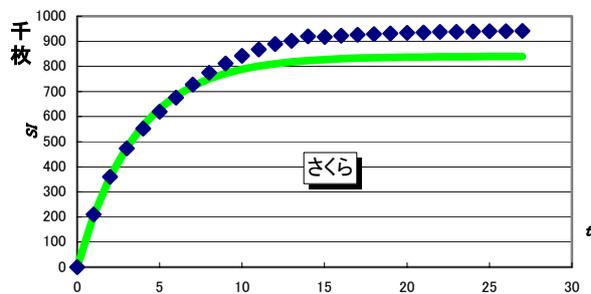


図 4 ケツメイシのさくらを男性・ノンタイアップ係数 2 週目、 $k=0.28$  でフィッティングした場合の売上予測

図 3 を見ると、1 週目の  $k=0.37$  でフィッティングした「さくら」は、この時の最終売上枚数 942,675 枚に対して予測売上枚数は 680,114 枚その差 262,561 枚（誤差率 -27.9%）であり、また図 4 の 2 週目  $k=0.28$  でフィッティングしたものは、予測売上枚数が 840,050 枚その差 102,625 枚（誤差率 -10.9%）であった。更に図 5 の 4 週目の  $k=0.22$  では、予測売上は 944,511 枚その差 1,836（誤差率 0.2%）と、男性タイアップ曲同様週を追うごとに

予測精度が格段に改善されることが分かる。

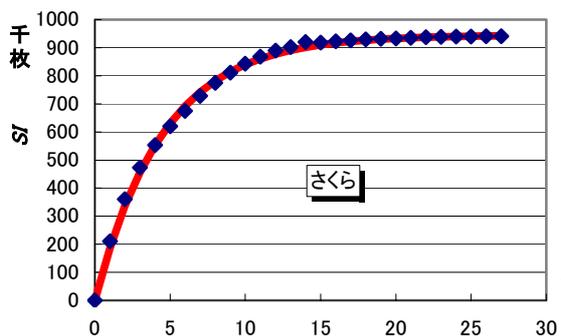


図 5 ケツメイシのさくらを男性・ノンタイアップ係数 4 週目、 $k=0.22$  でフィッティングした場合の売上予測

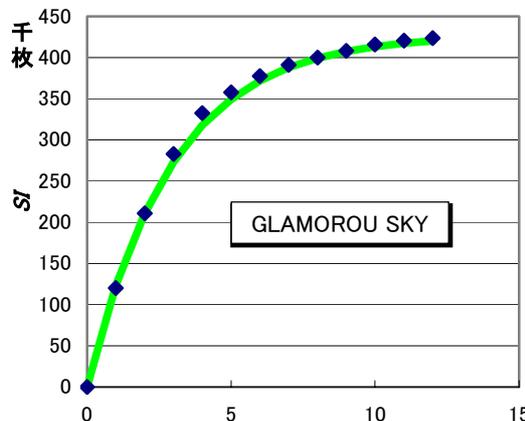


図 6 「NANA starring MIKA NAKAJIMA」の GLAMOROUS SKY を女性・タイアップ係数 2 週目、 $k=0.34$  でフィッティングした場合の売上予測

同様に女性・タイアップ曲の例としてここでは、アーティスト「NANA starring MIKA NAKAJIMA」の「GLAMOROUS SKY」を取り上げた。図 6 に示すように、「GLAMOROUS SKY」を 1 週目の女性・タイアップ係数  $k=0.36$  でフィッティングしたとき、最終売上枚数 423,593 枚に対し予測売上は 397,594 枚その差 25,999 枚（誤差率 -6.1%）であった。同様に 2 週目では、 $k=0.34$  で、予測売上が 427,479 枚その差 3,886 枚（誤差率 0.9%）であり、3 週目では  $k=0.34$  でフィッティングしたとき、予測売上が 442,410 枚その差 18,817 枚（誤差率 4.4%）となり、更に 4 週目では、 $k=0.34$  予測売上が 447,586 枚その差 23,993 枚（誤差率 5.7%）となった。

表6 男性・タイアップ

最終売上と  $t=1$ ,  $k=0.78$  における予想最終売の誤差率

タイトル	アーティスト	最終売上	予想売上	誤差率 (%)
四次元 Four Dimensions	Mr.Children	924379	1050816	13.7
* ~アスタリスク~	ORANGE RANGE	628329	606026	-3.5
SCREAM	GLAY×EXILE	537783	564620	5
OCEAN	B'z	505649	489158	-3.3
ラヴ・パレード	ORANGE RANGE	447393	412734	-7.7
ファンタスティポ	トラジ・ハイジ	427043	373342	-12.6
お願い！セニョリータ	ORANGE RANGE	417464	446944	7.1
キズナ	ORANGE RANGE	410924	403463	-1.8

また、表6には、男性タイアップ曲 SINGLE TOP-10 の最終売上と、1週目  $t=1$ ,  $k=0.78$  における予想最終売り上げ算定値を一覧に示した。この時の誤差率は-12.6~13.7%であり、1週目の実績値で予測をすることは誤差が一様でなく、必ずしも精度高い評価が行えないことが分かる。

男性・タイアップの最終売上を、パターン別に表5の  $k$  を用いて1週から4週のデータでフィッティングしたときの予想最終売上枚数および、誤差率の範囲を表7に示した。男性・タイアップ、男性・ノンタイアップでは予測時期を遅らせることによって、最終売上枚数と予想最終売上枚数の誤差率が小さくなった。また、女性・タイアップの誤差率は予測時期2週目で最も小さく、それ以降のデータを使うと逆に誤差率が増加する事が分かる。

表7 最終売上と予想最終売上の誤差率の範囲

予測時期 $t$	予測因子 $k$	最終売上との誤差率(%)
1	0.78	-12.6~13.7
2	0.63	-11.4~7.3
3	0.56	-8.2~4.4
4	0.5	-4.9~5.5

## 5. 考察

このようにロジスティック・モデルによる2週目の売上げ実績値を使ったパラメータの決定で、かなりの精度で最終売上げ予測が可能であることがわかった。またタイアップ曲との関連性を、数理生物学的に説明する事ができた。しかしながらいくつかの例外も発見された。それはこのロジスティック・モデルでは全く近似出来ない傾向を見せるケースについての検討である。例えば、表8、並びに図7

に示した、アーティスト「Def tech」のケースである。このケースは発売から3週までは全く低位にあったが、その後爆発的にヒットをしたケースである。最終的には40週以上も売上げを伸ばし、通常10週以降20週程度には飽和してしまう音楽CDの常識からはかけ離れた傾向を示した例である。

表8 Def TechのDef Tech売上データ

順位	売上枚数 (単位・1枚/本)	タイトル	アーティスト
4	1657631	Def Tech	Def Tech

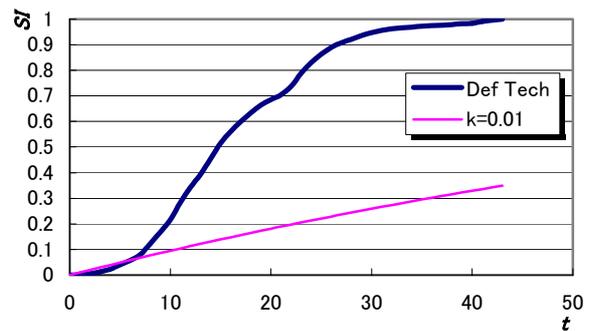


図7 Def TechのDef Tech売上グラフと予想売上げ

図7を見ても分かるように、このような予測の難しいケースもあり、この原因には最近のインターネットによるロコミや、他の要因が重なり予測を難しいものになっている。今後はこういったものも扱えるパラメータの決定方法についても、何らかの手法が必要になると思われる。

## 6. 結 論

本論文では、音楽 CD の売上げ枚数を数理解析的手法により予測することを試みた。その結果、数理生物学におけるロジスティック・モデルを用いてヒットチャートの近似を行うことが可能となった。またこのモデルを用いることで、予測因子  $k$  の値が、男性・タイアップ、男性・ノンタイアップ、女性・タイアップでは違うことを示した。

それぞれの予測因子  $k$  の値を使って、音楽 CD の発売後 2 週間目の実績値を用いれば、任意の時期における予想売上げ枚数、並びに最終売上げ予想枚数をかなりの精度で求めることが出来るようになった。なお、そのパラメータと 2 週目の実績で求めた売上げ予想値との誤差率は以下のものであった。

男性・タイアップは  $k=0.63$  で、誤差率-11.4~7.3%、男性・ノンタイアップは  $k=0.28$  で誤差率-10.9%、さらに女性・タイアップの場合では、 $k=0.34$  で誤差率 0.9% であった。

以上のことより、今後音楽 CD の販売戦略上、大変重

要な宣伝に対する費用対効果の検討材料とすることが可能であることを示した。

## 参考文献

- [1] 伊藤元重, ミクロ経済学第 2 版, 日本評論, 2006
- [2] Richard Haberman, 稲垣宣生 (翻訳), 生態系の微分方程式—個体群成長の数学モデルモデル, 現代数学社, 1992
- [3] 監査法人トーマツ 編, コンテンツ・ビジネス, マネジメント, 日本経済新聞社, 2003
- [4] スティーブン・ウルフラム, MATHEMATICA ブック 第 4 版, 東京書籍, 2003
- [5] オリコン年鑑 2006, オリコン・エンタテインメント株式会社, 2006
- [6] 石井 晃, 吉田就彦, 鳥取大学工学部研究報告会, Vol. 36, No. 71, 2005
- [7] 吉田就彦, ヒット学~コンテンツ・ビジネスに学ぶ 6 つのヒット法則, ダイヤモンド社, 2005