

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4812022号
(P4812022)

(45) 発行日 平成23年11月9日(2011.11.9)

(24) 登録日 平成23年9月2日(2011.9.2)

(51) Int. Cl. F I
G O 6 F 7/556 (2006.01) G O 6 F 7/556 A

請求項の数 6 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2006-340991 (P2006-340991)	(73) 特許権者	393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
(22) 出願日	平成18年12月19日(2006.12.19)		京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(65) 公開番号	特開2008-152614 (P2008-152614A)	(74) 代理人	100115749 弁理士 谷川 英和
(43) 公開日	平成20年7月3日(2008.7.3)	(72) 発明者	渡辺 秀行 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
審査請求日	平成21年8月25日(2009.8.25)	(72) 発明者	足立 隆弘 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
		(72) 発明者	田川 博章 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 演算処理装置、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

正数 x の対数演算を行う演算処理装置であって、
「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_1 > 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $B = \log A_2$ 」を満たす定
数値 A_1 、 A_2 、 B を格納している定数値格納部と、

正数 x を受け付け、メモリ上に配置する受付部と、

前記受付部が受け付けた x が 1 より大きいか、または、前記 x が A_1 以下であるか、を判
断する第一判断部と、

前記第一判断部が、 x が 1 より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される
第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が 1 以下になるまで、 m 回、前記第一演算を
繰り返し実行し、最後の x と m をメモリ上に配置する第一処理部と、

前記第一判断部が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示され
る第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、前記第
二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する第二処理部
と、

1 以下であり A_1 より大きい x であり、前記受付部が受け付けた x 、または前記第一処理
部または前記第二処理部が取得した x を 1 から減算し、減算した結果である y を得て、メ
モリ上に配置する減算処理部と、

前記定数値格納部から B を読み出し、当該 B 、予め決められた定数 p 、前記 m 、および前
記減算処理部が取得した y を用いて、数式 1 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する

10

20

出力値演算部と、

【数 1】

$$y=B \times m - \left(\beta + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta^3}{3} + \dots + \frac{\beta^p}{p} \right)$$

前記出力値演算部が取得した実行結果 y を出力する出力部を具備する演算処理装置。

【請求項 2】

正数 x の対数演算を行う演算処理装置であって、

「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $A_1 < A_3 < 1$ 」、「 $A_3 > 1$ 」、「 $A_4 = 1 / A_3$ 」、「 $B_1 = \log A_2$ 」、「 $B_2 = \log A_4$ 」を満たす定数値 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 B_1 、 B_2 を格納している定数値格納部と、

正数 x を受け付け、メモリ上に配置する受付部と、

前記受付部が受け付けた x が 1 より大きいか、または、 x が A_3 以下であり A_1 より大きいか、または、 x が A_1 以下であるか、を判断する第一判断部と、

前記第一判断部が、 x が 1 より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が 1 以下になるまで、 m 回、前記第一演算を繰り返し実行し、最後の x と m をメモリ上に配置する第一処理部と、

前記第一判断部が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、前記第二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する第二処理部と、

前記 x が A_3 以下であるか否かを判断する第二判断部と、

前記第一判断部が、前記 x が A_3 以下であり A_1 より大きいと判断した場合、

または前記第二判断部が、前記 x が A_3 以下であると判断した場合に、

演算式「 $x \times A_4$ 」で示される第三演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_3 より大きくなるまで、 n 回、前記第三演算を繰り返し実行し、 $-n$ を n とし、最後の x と n をメモリ上に配置する第三処理部と、

1 以下であり A_3 より大きい x であり、前記受付部が受け付けた x 、または前記第一処理部または前記第二処理部または前記第三処理部が取得した x を 1 から減算し、減算した結果である β を得て、当該 β をメモリ上に配置する減算処理部と、

前記定数値格納部から B_1 および B_2 を読み出し、当該 B_1 、 B_2 、予め決められた定数 p 、前記 m 、前記 n 、および前記減算処理部が取得した β を用いて、以下の数式 2 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する出力値演算部と、

【数 2】

$$y=B_1 \times m + B_2 \times n - \left(\beta + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta^3}{3} + \dots + \frac{\beta^p}{p} \right)$$

前記出力値演算部が取得した実行結果 y を出力する出力部を具備する演算処理装置。

【請求項 3】

前記定数値格納部に格納されている定数値 A_1 および A_2 、または、定数値 A_1 および A_2 および A_3 および A_4 は有限桁の実数である請求項 1 または請求項 2 記載の演算処理装置。

【請求項 4】

前記減算処理部が取得した β の値に応じて、 p の値を決定し、当該 p の値をメモリ上に配置する次数決定部をさらに具備し、

前記出力値演算部は、

前記次数決定部が決定した p を用いて、数式 1 または数式 2 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する請求項 1 から請求項 3 いずれか記載の演算処理装置。

【請求項 5】

記憶媒体に、「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_1 > 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $B = \log A_2$ 」

」を満たす定数値 A_1 、 A_2 、 B を格納しており、コンピュータを、
 正数 x を受け付け、メモリ上に配置する受付部と、
 前記受付部が受け付けた x が 1 より大きいか、または、前記 x が A_1 以下であるか、を判断する第一判断部と、
 前記第一判断部が、 x が 1 より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が 1 以下になるまで、 m 回、前記第一演算を繰り返し実行し、最後の x と m をメモリ上に配置する第一処理部と、
 前記第一判断部が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、前記第二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する第二処理部と、
 1 以下であり A_1 より大きい x であり、前記受付部が受け付けた x 、または前記第一処理部または前記第二処理部が取得した x を 1 から減算し、減算した結果である を得て、メモリ上に配置する減算処理部と、
 前記定数値格納部から B を読み出し、当該 B 、予め決められた定数 p 、前記 m 、および前記減算処理部が取得した を用いて、数式 1 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する出力値演算部と、
 前記出力値演算部が取得した実行結果 y を出力する出力部として機能させるためのプログラム。

10

20

【請求項 6】

記憶媒体に、「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $A_1 \leq A_3 < 1$ 」、「 $A_3 < 1$ 」、「 $A_4 = 1 / A_3$ 」、「 $B_1 = \log A_2$ 」、「 $B_2 = \log A_4$ 」を満たす定数値 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 B_1 、 B_2 を格納しており、コンピュータを、
 正数 x を受け付け、メモリ上に配置する受付部と、
 前記受付部が受け付けた x が 1 より大きいか、または、 x が A_3 以下であり A_1 より大きいか、または、 x が A_1 以下であるか、を判断する第一判断部と、
 前記第一判断部が、 x が 1 より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が 1 以下になるまで、 m 回、前記第一演算を繰り返し実行し、最後の x と m をメモリ上に配置する第一処理部と、
 前記第一判断部が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、前記第二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する第二処理部と、
 前記 x が A_3 以下であるか否かを判断する第二判断部と、
 前記第一判断部が、前記 x が A_3 以下であり A_1 より大きいと判断した場合、または前記第二判断部が、前記 x が A_3 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_4$ 」で示される第三演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_3 より大きくなるまで、 n 回、前記第三演算を繰り返し実行し、 $-n$ を n とし、最後の x と n をメモリ上に配置する第三処理部と、
 1 以下であり A_3 より大きい x であり、前記受付部が受け付けた x 、または前記第一処理部または前記第二処理部または前記第三処理部が取得した x を 1 から減算し、減算した結果である を得て、当該 をメモリ上に配置する減算処理部と、
 前記記憶媒体から B_1 および B_2 を読み出し、当該 B_1 、 B_2 、予め決められた定数 p 、前記 m 、前記 n 、および前記減算処理部が取得した を用いて、数式 2 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する出力値演算部と、
 前記出力値演算部が取得した実行結果 y を出力する出力部として機能させるためのプログラム。

30

40

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、正数の対数演算を行う演算処理装置等に関するものである。

【背景技術】

【0002】

発音の良し悪しを評定する発音評定装置や、音声認識処理を行う音声認識装置などの音声処理を行う装置において、音声の特徴抽出が行われる。この音声の特徴抽出法の一つとしてMFC法が知られている。このMFC法において、正数の対数演算が必要となる。

【0003】

従来の演算処理装置において、入力された計算式の状況に応じて対数関数の計算処理を行い、桁落ちのない高精度な計算結果を得ることができる演算処理装置があった（例えば、特許文献1参照）。本演算処理装置では、所望の計算式を伴う計算依頼に応じた計算処理の過程において、対数関数の $[\log_p(x)]$ 関数によるテイラー展開を使用した高精度な計算処理が必要と仮定される「 $1 + \text{数値}$ 」部分を検知して、その内容を状況検知レジスタで保持し、当該レジスタで保持された数値が1未満であると判断された場合には前記 $[\log_p(x)]$ 関数による高精度な計算処理を行い、1以上であると判断された場合には $[\log(x)]$ 関数による通常対数関数計算処理を行うことで、対数関数の計算処理を行なう。

【0004】

また、対数値の演算を行う演算処理装置を内部に組み込んだ装置の例として、以下の発音評定装置がある。本発音評定装置は、比較対象の音声に関するデータである教師データを格納している教師データ格納部と、教師データに対応する音声を入力する音声出力部と、前記音声出力部が音声データの少なくとも一部を出力した後、音声の入力を受け付ける音声受付部と、前記音声受付部が受け付けた音声と、前記教師データに基づいて、前記音声受付部が受け付けた音声の評定を行う評定部と、前記評定部の評定結果を出力する出力部を具備する（特許文献2参照）。かかる発音評定装置により、追唱を行いながら、練習対象の模範の音声と、練習者が発声する音声との類似度を把握できる。

【特許文献1】特開2006-163529号公報（第1頁、第1図等）

【特許文献2】特開2006-201491号公報（第1頁、第1図等）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の演算処理装置においては、十分に高速な対数演算が困難である、という課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本第一の発明の演算処理装置は、正数 x の対数演算を行う演算処理装置であって、「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_1 = 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $B = \log A_2$ 」を満たす定数値 A_1 、 A_2 、 B を格納している定数値格納部と、正数 x を受け付け、メモリ上に配置する受付部と、前記受付部が受け付けた x が1より大きいか、または、前記 x が A_1 以下であるか、を判断する第一判断部と、前記第一判断部が、 x が1より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が1以下になるまで、 m 回、前記第一演算を繰り返し実行し、最後の x と m をメモリ上に配置する第一処理部と、前記第一判断部が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、前記第二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する第二処理部と、1以下であり A_1 より大きい x であり、前記受付部が受け付けた x 、または前記第一処理部または前記第二処理部が取得した x を1から減算し、減算した結果である x を得て、メモリ上に配置する減算処理部と、前記定数値格納部から B を読み出し、

10

20

30

40

50

当該 B、予め決められた定数 p、前記 m、および前記減算処理部が取得した を用いて、数式 1 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する出力値演算部と、前記出力値演算部が取得した実行結果 y を出力する出力部を具備する演算処理装置である。

【数 1】

$$y=B \times m - \left(\beta + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta^3}{3} + \dots + \frac{\beta^p}{p} \right)$$

【0007】

かかる構成により、十分に高速な対数演算ができる。

【0008】

また、本第二の発明の演算処理装置は、正数 x の対数演算を行う演算処理装置であって、「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $A_1 < A_3 < 1$ 」、「 $A_3 = 1$ 」、「 $A_4 = 1 / A_3$ 」、「 $B_1 = \log A_2$ 」、「 $B_2 = \log A_4$ 」を満たす定数値 A₁、A₂、A₃、A₄、B₁、B₂ を格納している定数値格納部と、正数 x を受け付け、メモリ上に配置する受付部と、前記受付部が受け付けた x が 1 より大きいか、または、x が A₃ 以下であり A₁ より大きいか、または、x が A₁ 以下であるか、を判断する第一判断部と、前記第一判断部が、x が 1 より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、x が 1 以下になるまで、m 回、前記第一演算を繰り返し実行し、最後の x と m をメモリ上に配置する第一処理部と、前記第一判断部が、x が A₁ 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、x が A₁ より大きくなるまで、m 回、前記第二演算を繰り返し実行し、- m を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する第二処理部と、前記 x が A₃ 以下であるか否かを判断する第二判断部と、前記第一判断部が、前記 x が A₃ 以下であり A₁ より大きいと判断した場合、または前記第二判断部が、前記 x が A₃ 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_4$ 」で示される第三演算を実行し、算出した値を x とし、x が A₃ より大きくなるまで、n 回、前記第三演算を繰り返し実行し、- n を n とし、最後の x と n をメモリ上に配置する第三処理部と、1 以下であり A₃ より大きい x であり、前記受付部が受け付けた x、または前記第一処理部または前記第二処理部または前記第三処理部が取得した x を 1 から減算し、減算した結果である を得て、当該 をメモリ上に配置する減算処理部と、前記定数値格納部から B₁ および B₂ を読み出し、当該 B₁、B₂、予め決められた定数 p、前記 m、前記 n、および前記減算処理部が取得した を用いて、以下の数式 2 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する出力値演算部と、前記出力値演算部が取得した実行結果 y を出力する出力部を具備する演算処理装置である。

【数 2】

$$y=B_1 \times m + B_2 \times n - \left(\beta + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta^3}{3} + \dots + \frac{\beta^p}{p} \right)$$

【0009】

かかる構成により、さらに十分に高速な対数演算ができる。

【0010】

また、本第三の発明の演算処理装置は、第一、第二いずれかの発明に対して、前記定数値格納部に格納されている定数値 A₁ および A₂、または、定数値 A₁ および A₂ および A₃ および A₄ は、有限桁の実数である。

【0011】

かかる構成により、さらに十分に高速な対数演算ができる。

【0012】

また、本第四の発明の演算処理装置は、第一から第三いずれかの発明に対して、前記減算処理部が取得した の値に応じて、p の値を決定し、当該 p の値をメモリ上に配置する次数決定部をさらに具備し、前記出力値演算部は、前記次数決定部が決定した p を用いて、数式 1 または数式 2 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する演算処理装置である。

10

20

30

40

50

【0013】

かかる構成により、さらに十分に好適で、高速な対数演算ができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明による演算処理装置によれば、高速な対数演算が可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、演算処理装置等の実施形態について図面を参照して説明する。なお、実施の形態において同じ符号を付した構成要素は同様の動作を行うので、再度の説明を省略する場合がある。

10

(実施の形態1)

【0016】

図1は、本実施の形態における演算処理装置のブロック図である。本演算処理装置は、正数の対数演算を行う演算処理装置1である。

【0017】

演算処理装置1は、定数値格納部11、受付部12、第一判断部13、第一処理部14、第二処理部15、減算処理部16、次数決定部17、出力値演算部18、出力部19を具備する。

【0018】

定数値格納部11は、「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_1 = 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $B = \log A_2$ 」を満たす定数値 A_1 、 A_2 、 B を格納している。定数値 A_1 および A_2 は、有限桁の実数であることが好適である。例えば、「 $A_1 = 0.5$ 」、「 $A_2 = 2$ 」などは好適である。また、 A_1 、 A_2 、 B は、キーボード等の入力手段により、予め人手により入力されても良いし、 A_1 のみ入力され、演算処理装置1の図示しない手段により、演算式「 $A_2 = 1 / A_1$ 」の情報を読み出し、当該演算式に入力された A_1 を代入し、 A_2 を取得し、 A_2 を定数値格納部11に少なくとも一時蓄積しても良い。また、同様に、演算処理装置1の図示しない手段により、演算式「 $B = \log A_2$ 」の情報を読み出し、当該演算式に入力された A_2 、または算出された A_2 を代入し、 B を取得し、 B を定数値格納部11に少なくとも一時蓄積しても良い。その他、定数値 A_1 、 A_2 、 B の取得方法は問わない。定数値格納部11は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

20

30

【0019】

受付部12は、正数 x を受け付け、メモリ上に配置する。正数 x は、任意の正の実数である。正数 x の入力手段は、テンキーやキーボードやマウスやメニュー画面によるもの等、何でも良い。受付部12は、テンキーやキーボード等の入力手段のデバイスドライバや、メニュー画面の制御ソフトウェア等で実現され得る。

【0020】

第一判断部13は、受付部12が受け付けた x を読み出し、かつ、定数値格納部11から A_1 を読み出し、受付部12が受け付けた x が1より大きいか、または、 x が A_1 以下であるか、を判断する。第一判断部13は、比較回路等により実現され得る。第一判断部13は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。第一判断部13の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア(専用回路)で実現しても良い。

40

【0021】

第一処理部14は、第一判断部13が x が1より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が1以下になるまで、 m 回、第一演算を繰り返し実行し、最後の x (少なくとも最後の x)と m をメモリ上に配置する。第一処理部14は、演算式「 $x \times A_1$ 」の情報を格納しており、当該情報を読み出し、かつ、受付部12が受け付けた x を読み出し、かつ、定数値格納部11から A_1 を読み出し、上記の処理を行う。第一処理部14は、乗算回路と比較回路等で実現され得る。

50

第一処理部 14 は、通常、MPU やメモリ等から実現され得る。第一処理部 14 の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアは ROM 等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

【0022】

第二処理部 15 は、第一判断部 13 が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、第二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する。第二処理部 15 は、演算式「 $x \times A_2$ 」の情報を格納しており、当該情報を読み出し、かつ、受付部 12 が受け付けた x を読み出し、かつ、定数値格納部 11 から A_1 と A_2 を読み出し、上記の処理を行う。第二処理部 15 は、乗算回路と比較回路等で実現され得る。第二処理部 15 は、通常、MPU やメモリ等から実現され得る。第二処理部 15 の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアは ROM 等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

10

【0023】

減算処理部 16 は、1 以下であり A_1 より大きい x であり、受付部 12 が受け付けた x 、または、第一処理部 14 または第二処理部 15 が取得した x を 1 から減算し、減算した結果である $x-1$ を得て、当該 $x-1$ をメモリ上に配置する。なお、受付部 12 が受け付けた x が 1 以下であり A_1 より大きい場合、第一処理部 14 または第二処理部 15 により、何ら x は処理されず、そのまま減算処理部 16 に渡される。減算処理部 16 は、減算回路で実現され得る。減算処理部 16 は、通常、MPU やメモリ等から実現され得る。減算処理部 16 の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアは ROM 等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

20

【0024】

次数決定部 17 は、減算処理部 16 が取得した $x-1$ の値に応じて、 p の値を決定し、当該 p の値をメモリ上に配置する。次数決定部 17 は、通常、 $x-1$ の値が小さいほど、 p の値を小さくするように決定する。 $x-1$ の値が極めて小さい場合、 p の値を小さくしても、出力値演算部 18 が行う演算結果において、誤差が小さくなる。そして、 p の値が小さいほど、出力値演算部 18 が行う演算が高速になる。次数決定部 17 は、例えば、 $x-1$ の大きさの範囲と、 p の値を対応付けた表（図 2 参照）を保持している。かかる表は、例えば、 $x-1$ が「0 以上 0.1 以下」の場合は p は「3」、 $x-1$ が「0.1 より大きく 0.2 以下」の場合は p は「4」、 $x-1$ が「0.2 より大きく 0.3 以下」の場合は p は「5」、 $x-1$ が「0.3 より大きく 0.4 以下」の場合は p は「6」、 $x-1$ が「0.4 より大きい」の場合は p は「7」等である。なお、次数決定部 17 は、必須の構成要素ではない。 p の値を固定して、後述する出力値演算部 18 の演算処理を行っても良い。次数決定部 17 は、通常、MPU やメモリ等から実現され得る。次数決定部 17 の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアは ROM 等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

30

【0025】

出力値演算部 18 は、定数値格納部 11 から B を読み出し、当該 B 、定数 p 、 m 、および減算処理部 16 が取得した $x-1$ を用いて、上記の数式 1 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する。また、 $x-1$ の値により、動的に p を決定する場合、次数決定部 17 が決定した p を用いて、数式 1 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する。つまり、出力値演算部 18 は、予め決められた定数 p を用いても良いし、次数決定部 17 が決定した p を用いても良い。出力値演算部 18 は、予め数式 1 の演算式の情報格納部 11 に格納されており、かかる情報を読み出し、取得した B 、 p 、 m 、 $x-1$ を、演算式に代入し、当該演算式を実行し、実行結果である y を、少なくとも一時的にメモリ上に配置する。出力値演算部 18 は、通常、MPU やメモリ等から実現され得る。出力値演算部 18 の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアは ROM 等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

40

【0026】

50

出力部 19 は、出力値演算部 18 が取得した実行結果 y を出力する。ここで、出力とは、ディスプレイへの表示、プリンタへの印字、音出力、外部の装置への送信、記録媒体への蓄積、他の処理ルーチンへの引渡し等を含む概念である。出力部 19 は、ディスプレイやスピーカー等の出力デバイスを含むと考えても含まないと考えても良い。出力部 19 は、出力デバイスのドライバーソフトまたは、出力デバイスのドライバーソフトと出力デバイス等で実現され得る。

【0027】

次に、演算処理装置 1 の動作について図 3 のフローチャートを用いて説明する。

【0028】

(ステップ S301) 演算処理装置 1 は、カウンタ m に 0 を代入する。

10

【0029】

(ステップ S302) 受付部 12 は、正数 x を受け付けたか否かを判断する。正数 x を受け付ければステップ S303 に行き、正数 x を受け付けなければステップ S302 に戻る。

【0030】

(ステップ S303) 第一判断部 13 は、ステップ S302 で受け付けた x を取得し、メモリ上に配置する。

【0031】

(ステップ S304) 第一判断部 13 は、定数値格納部 11 から、定数値 A_1 、 A_2 、 B を読み出し、メモリ上に配置する。

20

【0032】

(ステップ S305) 第一判断部 13 は、ステップ S303 でメモリ上に配置された x を用いて、「 $1 < x$ 」を満たすか否かを判断する。「 $1 < x$ 」を満たせばステップ S306 に行き、「 $1 < x$ 」を満たさなければステップ S309 に行く。

【0033】

(ステップ S306) 第一処理部 14 は、カウンタ m を 1、インクリメントする。

【0034】

(ステップ S307) 第一処理部 14 は、演算式「 $x \times A_1$ 」の情報を読み出し、ステップ S303、ステップ S304 でメモリ上に置かれた x 、および A_1 を前記演算式に代入し、実行する。そして、第一処理部 14 は、実行結果を x に代入する。なお、本ステップのループ処理において、演算式「 $x \times A_1$ 」の情報の読み出し処理は、一度でも良いことは言うまでもない。

30

【0035】

(ステップ S308) 第一処理部 14 は、「 $x \leq 1$ 」を満たすか否かを判断する。「 $x \leq 1$ 」を満たせばステップ S313 に行き、「 $x \leq 1$ 」を満たさなければステップ S306 に戻る。

【0036】

(ステップ S309) 第一判断部 13 は、ステップ S303、ステップ S304 でメモリ上に配置された x 、および A_1 とを用いて、「 $x \leq A_1$ 」を満たすか否かを判断する。「 $x \leq A_1$ 」を満たせばステップ S310 に行き、「 $x \leq A_1$ 」を満たさなければステップ S313 に行く。

40

【0037】

(ステップ S310) 第二処理部 15 は、カウンタ m を 1、デクリメントする。

【0038】

(ステップ S311) 第二処理部 15 は、演算式「 $x \times A_2$ 」の情報を読み出し、ステップ S303、ステップ S304 でメモリ上に置かれた x 、および A_2 を前記演算式に代入し、実行する。そして、第二処理部 15 は、実行結果を x に代入する。なお、本ステップのループ処理において、演算式「 $x \times A_2$ 」の情報の読み出し処理は、一度でも良いことは言うまでもない。

【0039】

50

(ステップS312) 第二処理部15は、「 $A1 < x$ 」を満たすか否かを判断する。「 $A1 < x$ 」を満たせばステップS313に行き、「 $A1 < x$ 」を満たさなければステップS310に戻る。

【0040】

(ステップS313) 減算処理部16は、メモリ上の x を取得する。

【0041】

(ステップS314) 減算処理部16は、ステップS313で取得した x を用いて、「 $1 - x$ 」を演算し、その結果を に代入し、メモリ上に配置する。

【0042】

(ステップS315) 出力値演算部18は、 B 、定数 p 、 m 、および減算処理部16が取得した を取得する。ここでは、 p は、予め決められている、とする。そして、出力値演算部18は、 B 、 p 、 m 、および を、数式1に代入し、実行する。そして、出力値演算部18は、実行結果を変数 y に代入する。そして、 y の値は、メモリ上に置かれる。

10

【0043】

(ステップS316) 出力部19は、ステップS315で取得した y の値を出力し、処理を終了する。

【0044】

なお、図3のフローチャートにおいて、 p を動的に変更しても良い。つまり、ステップS315の処理の前に、出力値演算部18は、減算処理部16が取得した を次数決定部17に渡す。次数決定部17は、 を受け取り、当該 に対応する p を、上述したような表(図2参照)から読み出す。そして、次数決定部17は、読み出した p を出力値演算部18に渡す。次に、ステップS315の処理において、出力値演算部18は、次数決定部17から p を受け付け、当該 p を用いて、数式1の演算を実行する。

20

【0045】

以下、本実施の形態における演算処理装置1における演算の原理について説明する。まず、任意の正の実数 x の対数を、近似的ではあるが高精度かつ小さい演算負荷で計算するために、Taylor展開に基づく計算法を定式化する。まず、 を0以上1未満の実数として、以下の数式3の対数に関するTaylor展開が成り立つ。かかることは、公知である。

【数3】

30

$$\log(1-\beta) = -\left(\beta + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta^3}{3} + \frac{\beta^4}{4} + \dots\right)$$

【0046】

なお、ここでは対数の底を e (自然対数)とする。底が a ある一般の対数に対しては、最終的な計算結果に $\log_a e$ を掛ければよい。次に、一般の正数 x の対数を計算する問題を考える。正数 L を、「 $0 < L \cdot x \leq 1$ 」となるように定める。この L の求め方の詳細は2通りあり、第一の方法を本実施の形態1で説明しており、第二の方法は実施の形態2で説明する。

【0047】

40

そして、「 $= 1? L \cdot x$ 」と定めることにより、 の範囲が「 $0 < = < 1$ 」となり、数式3を適用することが可能となる。結果的に $\log(x)$ が、以下の数式4で表わされる。

【数4】

$$\log(x) = -\log(L) + \log(1-\beta) = -\log(L) - \left(\beta + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta^3}{3} + \frac{\beta^4}{4} + \dots\right)$$

【0048】

上式右辺の級数は、 が0に近いほど収束が速いので、 L の値により、 が1より十分小さくなる。したがって、級数を適当な次数 p で打ち切っても、上式の誤差は小さい。そ

50

ここで、以下の数式5のような「Log-Taylor関数」を定義する。

【数5】

$$\text{Log-Taylor}(x, p) = -\log(L) - \left(\beta + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta^3}{3} + \dots + \frac{\beta^p}{p} \right) \quad (\simeq \log(x))$$

【0049】

次にLの求め方について解説する。ここでは基本的に、まず、予め1より十分小さい正の実数 β を定め、「 $1 - \beta < L \cdot x \leq 1$ 」となるように正数Lを求める。そうすると、「 $L = 1 / (1 - \beta \cdot x)$ 」で与えられる L が、とりうる範囲が「 $0 < \beta < 1$ 」となり、数式3が適用可能になるばかりでなく、 β が1より十分小さくなるため「Log-Taylor関数」の誤差が小さい。 10

【0050】

次に、第一のLの算出方法について述べる。なお、第二のLの算出方法については、実施の形態2で説明する。

【0051】

予め、1より十分小さい正の実数 β を定めておく。まず、最初に入力された x が「 $x > 1$ 」の場合、 x を「 $1 / \beta$ 」倍する手続きを繰り返し行ない、初めて1以下になる時の繰り返し回数を m とする。これにより、繰り返しにより更新された x が「 $1 - \beta < x \leq 1$ 」を満たし、累積倍数が「 $L = (1 - \beta)^m$ 」となる。なお、「 $1 - \beta$ 」は、上述した $A1$ に相当する。 20

【0052】

また、最初に入力された x が「 $x \leq 1 - \beta$ 」の場合、 x を「 $1 / (1 - \beta)$ 」倍する手続きを繰り返し行ない、初めて「 $1 - \beta$ 」を越える時の繰り返し回数を m とする。これにより、繰り返しにより更新された x が「 $1 - \beta < x \leq 1$ 」を満たし、累積倍数が「 $L = (1 - \beta)^{-m}$ 」となる。最初に入力された x が、「 $1 - \beta < x \leq 1$ 」である場合は、 $m = 0$ とする。つまり、数式5の「 $-\log(L)$ 」が、以下の数式6となる。

【数6】

$$-\log(L) = M \times \log\left(\frac{1}{1 - \alpha}\right)$$

$$M = m(x > 1), \quad 0(1 - \alpha < x \leq 1), \quad -m(x \leq 1 - \alpha)$$

30

【0053】

以上のLog-Taylor(x, p)の計算手順が、上述した図3のフローチャートにおける処理である。

【0054】

なお、本実施の形態における計算方法の効果について、実施の形態2の計算方法の効果と同様に、後述する。

【0055】

以上、本実施の形態によれば、高速に正の実数の対数を演算できる演算処理装置を実現できる。 40

【0056】

なお、本実施の形態における演算処理装置は、例えば、対数の演算が行われる発音評定装置（特許文献2参照）や、機械翻訳装置などの、種々の装置に組み込むことができる。かかることは、他の実施の形態における演算処理装置でも同様である。

【0057】

さらに、本実施の形態における処理は、ソフトウェアで実現しても良い。そして、このソフトウェアをソフトウェアダウンロード等により配布しても良い。また、このソフトウェアをCD-ROMなどの記録媒体に記録して流布しても良い。なお、このことは、本明細書における他の実施の形態においても該当する。なお、本実施の形態における演算処理装置を実現するソフトウェアは、以下のようなプログラムである。つまり、このプログラ 50

ムは、記憶媒体に、「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_1 = 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $B = \log A_2$ 」を満たす定数値 A_1 、 A_2 、 B を格納しており、コンピュータを、正数 x を受け付け、メモリ上に配置する受付部と、前記受付部が受け付けた x が 1 より大きいか、または、前記 x が A_1 以下であるか、を判断する第一判断部と、前記第一判断部が、 x が 1 より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が 1 以下になるまで、 m 回、前記第一演算を繰り返し実行し、最後の x と m をメモリ上に配置する第一処理部と、前記第一判断部が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、前記第二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する第二処理部と、1 以下であり A_1 より大きい x であり、前記受付部が受け付けた x 、または前記第一処理部または前記第二処理部が取得した x を 1 から減算し、減算した結果である y を得て、メモリ上に配置する減算処理部と、前記定数値格納部から B を読み出し、当該 B 、予め決められた定数 p 、前記 m 、および前記減算処理部が取得した y を用いて、数式 1 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する出力値演算部と、前記出力値演算部が取得した実行結果 y を出力する出力部として機能させるためのプログラム、である。

10

【0058】

また、上記プログラムは、前記減算処理部が取得した y の値に応じて、 p の値を決定し、当該 p の値をメモリ上に配置する次数決定部としても機能させるためのプログラム、であることは好適である。

20

(実施の形態 2)

【0059】

図 4 は、本実施の形態における演算処理装置のブロック図である。

【0060】

演算処理装置 2 は、定数値格納部 41、受付部 12、第一判断部 43、第一処理部 44、第二処理部 45、第二判断部 46、第三処理部 47、減算処理部 48、次数決定部 17、出力値演算部 49、出力部 19 を具備する。

【0061】

定数値格納部 41 は、「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_2 = 1 / A_1$ 」、「 $A_1 \leq A_3 < 1$ 」、「 $A_3 = 1$ 」、「 $A_4 = 1 / A_3$ 」、「 $B_1 = \log A_2$ 」、「 $B_2 = \log A_4$ 」を満たす定数値 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 B_1 、 B_2 を格納している。定数値 A_1 、 A_2 、 A_3 、および A_4 は、有限桁の実数であることが好適である。例えば、「 $A_1 = 0.5$ 」、「 $A_2 = 2$ 」、「 $A_3 = 0.8$ 」、「 $A_4 = 1.25$ 」などは好適である。また、 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 B_1 、 B_2 は、キーボード等の入力手段により、予め人手により入力されても良いし、 A_1 、 A_3 のみ入力され、演算処理装置 2 の図示しない手段により、演算式「 $A_2 = 1 / A_1$ 」の情報を読み出し、当該演算式に入力された A_1 を代入し、 A_2 を取得し、 A_2 を定数値格納部 41 に少なくとも一時蓄積しても良い。また、演算処理装置 2 の図示しない手段により、演算式「 $A_4 = 1 / A_3$ 」の情報を読み出し、当該演算式に入力された A_3 を代入し、 A_4 を取得し、 A_4 を定数値格納部 41 に少なくとも一時蓄積しても良い。また、同様に、演算処理装置 2 の図示しない手段により、演算式「 $B_1 = \log A_2$ 」、「 $B_2 = \log A_4$ 」の情報を読み出し、当該演算式に A_2 、 A_4 を代入し、 B_1 、 B_2 を取得し、 B_1 、 B_2 を定数値格納部 41 に少なくとも一時蓄積しても良い。その他、定数値 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 B_1 、 B_2 の取得方法は問わない。定数値格納部 41 は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

30

40

【0062】

第一判断部 43 は、受付部 12 が受け付けた x を読み出し、かつ、定数値格納部 41 から A_1 および A_3 を読み出し、受付部 12 が受け付けた x が 1 より大きいか、または、 x が A_3 以下であり A_1 より大きいか、または、 x が A_1 以下であるか、を判断する。なお、第一判断部 43 は、 x の範囲を上記の 3 つの範囲（「 $x > 1$ 」、「 $A_1 < x \leq A_3$ 」

50

、「 $x \leq A_1$ 」)のいずれかであるかを判断した場合、 x が残る範囲の「 $A_3 < x < = 1$ 」を満たす場合があることも事実上、判断できることとなる。第一判断部43は、比較回路等により実現され得る。第一判断部43は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。第一判断部43の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア(専用回路)で実現しても良い。

【0063】

第一処理部44は、第一判断部43が、 x が1より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が1以下になるまで、 m 回、第一演算を繰り返し実行し、最後の x (少なくとも最後の x)と m をメモリ上に配置する。第一処理部44は、演算式「 $x \times A_1$ 」の情報を格納しており、当該情報を読み出し、かつ、受付部12が受け付けた x を読み出し、かつ、定数値格納部41から A_1 を読み出し、上記の処理を行う。第一処理部44は、乗算回路と比較回路等で実現され得る。第一処理部44は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。第一処理部44の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア(専用回路)で実現しても良い。

10

【0064】

第二処理部45は、第一判断部43が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、第二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x (少なくとも最後の x)と m をメモリ上に配置する。第二処理部45は、演算式「 $x \times A_2$ 」の情報を格納しており、当該情報を読み出し、かつ、受付部12が受け付けた x を読み出し、かつ、定数値格納部41から A_1 と A_2 を読み出し、上記の処理を行う。第二処理部45は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。第二処理部45の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア(専用回路)で実現しても良い。

20

【0065】

第二判断部46は、第一処理部44または第二処理部45で、上述した第一処理部44または第二処理部45の処理を行った場合に、処理結果である x が A_3 以下であるか否かを判断する。つまり、第二判断部46は、メモリ上の x を取得し、定数値格納部41から A_3 を読み出し、 x が A_3 以下であるか否かを判断する。第二判断部46は、比較回路等により実現され得る。第二判断部46は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。第二判断部46の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア(専用回路)で実現しても良い。

30

【0066】

第三処理部47は、第一判断部43が x が A_3 以下であり A_1 より大きいと判断した場合、または第二判断部46が x が A_3 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_4$ 」で示される第三演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_3 より大きくなるまで、 n 回、第三演算を繰り返し実行し、 $-n$ を n とし、最後の x と n をメモリ上に配置する。第三処理部47は、演算式「 $x \times A_4$ 」の情報を格納しており、当該情報を読み出し、かつ、メモリ上の x を読み出し、かつ、定数値格納部41から A_3 と A_4 を読み出し、上記の処理を行う。第三処理部47は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。第三処理部47の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア(専用回路)で実現しても良い。

40

【0067】

減算処理部48は、1以下であり A_3 より大きい x であり、受付部12が受け付けた x 、または、第一処理部44または第二処理部45または第三処理部47が取得した x を1から減算し、減算した結果である $1-x$ を得て、当該 $1-x$ をメモリ上に配置する。減算処理部48は、演算式「 $1-x$ 」の情報を格納しており、当該演算式の情報を読み出し、メモリ上の x を演算式に代入し、実行し、 $1-x$ を得る。減算処理部48は、通常、MPUやメモ

50

リ等から実現され得る。減算処理部 48 の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアは ROM 等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

【0068】

出力値演算部 49 は、定数値格納部 41 から B1 および B2 を読み出し、当該 B1、B2、定数 p、m、n、および減算処理部 48 が取得した y を用いて、数式 2 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する。出力値演算部 49 は、次数決定部 17 が決定した p を用いて、数式 2 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置しても良いし、予め決められた p を用いて、数式 2 を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置しても良い。出力値演算部 49 は、通常、MPU やメモリ等から実現され得る。出力値演算部 49 の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアは ROM 等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

10

【0069】

次に、演算処理装置 2 の動作について図 5 のフローチャートを用いて説明する。

【0070】

（ステップ S501）演算処理装置 2 は、カウンタ m に 0、カウンタ n に 0 を代入する。

【0071】

（ステップ S502）受付部 12 は、正数 x を受け付けたか否かを判断する。正数 x を受け付ければステップ S503 に行き、正数 x を受け付けなければステップ S502 に戻る。

20

【0072】

（ステップ S503）第一判断部 43 は、ステップ S502 で受け付けた x を取得し、メモリ上に配置する。

【0073】

（ステップ S504）第一判断部 43 は、定数値格納部 41 から、定数値 A1、A2、A3、A4、B1、B2 を読み出し、メモリ上に配置する。

【0074】

（ステップ S505）第一判断部 43 は、ステップ S503 でメモリ上に配置された x を用いて、「 $1 < x$ 」を満たすか否かを判断する。「 $1 < x$ 」を満たせばステップ S506 に行き、「 $1 < x$ 」を満たさなければステップ S509 に行く。

30

【0075】

（ステップ S506）第一処理部 44 は、カウンタ m を 1、インクリメントする。

【0076】

（ステップ S507）第一処理部 44 は、演算式「 $x \times A1$ 」の情報を読み出し、ステップ S503、ステップ S504 でメモリ上に置かれた x 、および A1 を前記演算式に代入し、実行する。そして、第一処理部 44 は、実行結果を x に代入する。

【0077】

（ステップ S508）第一処理部 44 は、「 $x \leq 1$ 」を満たすか否かを判断する。「 $x \leq 1$ 」を満たせばステップ S513 に行き、「 $x \leq 1$ 」を満たさなければステップ S506 に戻る。

40

【0078】

（ステップ S509）第一判断部 43 は、ステップ S503、ステップ S504 でメモリ上に配置された x 、および A1 とを用いて、「 $x \leq A1$ 」を満たすか否かを判断する。「 $x \leq A1$ 」を満たせばステップ S510 に行き、「 $x \leq A1$ 」を満たさなければステップ S513 に行く。

【0079】

（ステップ S510）第二処理部 45 は、カウンタ m を 1、デクリメントする。

【0080】

（ステップ S511）第二処理部 45 は、演算式「 $x \times A2$ 」の情報を読み出し、ステ

50

ップS503、ステップS504でメモリ上に置かれたx、およびA2を前記演算式に代入し、実行する。そして、第二処理部45は、実行結果をxに代入する。

【0081】

(ステップS512)第二処理部45は、「 $A1 < x$ 」を満たすか否かを判断する。「 $A1 < x$ 」を満たせばステップS513に行き、「 $A1 < x$ 」を満たさなければステップS510に戻る。

【0082】

(ステップS513)第一判断部43または第二判断部46は、「 $x \leq A3$ 」を満たすか否かを判断する。「 $x \leq A3$ 」を満たせばステップS514に行き、「 $x \leq A3$ 」を満たさなければステップS517に行く。

10

【0083】

(ステップS514)第三処理部47は、nを1、デクリメントする。

【0084】

(ステップS515)第三処理部47は、演算式「 $x \times A4$ 」の情報を読み出し、メモリ上に置かれたx、およびA4を前記演算式に代入し、実行する。そして、第三処理部47は、実行結果をxに代入する。

【0085】

(ステップS516)第三処理部47は、「 $A3 < x$ 」を満たすか否かを判断する。「 $A3 < x$ 」を満たせばステップS517に行き、「 $A3 < x$ 」を満たさなければステップS3514に戻る。

20

【0086】

(ステップS517)減算処理部48は、メモリ上のxを取得し、当該xを1から減算し、減算した結果である を得て、当該 をメモリ上に配置する。つまり、減算処理部48は、演算式「 $= 1 - x$ 」の情報を読み出し、メモリ上のxを演算式に代入し、 の値をメモリ上に置く。

【0087】

(ステップS518)出力値演算部49は、定数値格納部41からB1およびB2を読み出し、当該B1、B2、メモリ上のp、m、n、および を用いて、数式2を実行し、実行結果yを得て、当該yをメモリ上に配置する。

【0088】

(ステップS519)出力部19は、ステップS518で取得したyの値を出力し、処理を終了する。

30

【0089】

なお、図5のフローチャートにおいて、pを動的に変更しても良い。つまり、ステップS518の処理の前に、出力値演算部49は、減算処理部48が取得した を次数決定部17に渡す。次数決定部17は、 を受け取り、当該 に対応するpを、上述したような表(図3参照)から読み出す。そして、次数決定部17は、読み出したpを出力値演算部49に渡す。次に、ステップS518の処理において、出力値演算部49は、次数決定部17からpを受け付け、当該pを用いて、数式2の演算を実行する。

【0090】

また、演算処理装置2は、図5のフローチャートの処理に代えて、図6のフローチャートの処理を行っても良い。その他、演算処理装置2の具体的なアルゴリズムは他のアルゴリズムでも良い。図6のフローチャートにおいて図5のフローチャートと同様の処理については説明を省略する。

40

【0091】

(ステップS601)第一判断部43は、フラグ「flag」に「1」を代入する。ステップS605に行く。なお、ステップS601には、ステップS505の判断が「Y」の場合に移行する。

【0092】

(ステップS602)第一判断部43は、フラグ「flag」に「4」を代入する。ス

50

ステップ S 6 0 5 に行く。なお、ステップ S 6 0 2 には、ステップ S 5 0 9 の判断が「Y」の場合に移行する。

【0093】

(ステップ S 6 0 3) 第一判断部 4 3 は、フラグ「flag」に「3」を代入する。ステップ S 6 0 5 に行く。なお、ステップ S 6 0 3 には、ステップ S 5 1 3 の判断が「Y」の場合に移行する。

【0094】

(ステップ S 6 0 4) 第一判断部 4 3 は、フラグ「flag」に「2」を代入する。ステップ S 6 0 5 に行く。なお、ステップ S 6 0 4 には、ステップ S 5 1 3 の判断が「N」の場合に移行する。

10

【0095】

(ステップ S 6 0 5) 第一判断部 4 3 は、フラグ「flag」が「1」であるか否かを判断する。「1」であればステップ S 5 0 6 に行き、「1」でなければステップ S 6 0 6 に行く。

【0096】

(ステップ S 6 0 6) 第一判断部 4 3 は、フラグ「flag」が「4」であるか否かを判断する。「4」であればステップ S 5 1 0 に行き、「4」でなければステップ S 6 0 7 に行く。

【0097】

(ステップ S 6 0 7) 第一判断部 4 3 は、フラグ「flag」が「3」であるか否かを判断する。「3」であればステップ S 5 1 4 に行き、「3」でなければステップ S 5 1 7 に行く。

20

【0098】

なお、図 6 のフローチャートにおいても、図 5 と同様に、p を動的に変更しても良い。

【0099】

以下、本実施の形態における演算処理装置 2 における演算の原理について説明する。演算処理装置 2 の演算原理は、実施の形態 1 で述べた演算原理と比較して、L の求め方のみ異なる。本実施の形態における L は、2 段階に計算する。

【0100】

以下に、2 段階に L を計算する方法を示す。予め、「 $0 < \alpha < 2 < 1$ 」となるような、2 つの正の実数 α 、 β を設定しておく。ただし、 α は 1 より十分小さいのが望ましい。

30

【0101】

このとき、図 7 に示すように、「 $0 < \alpha < 1$ 、 $2 < \beta < 1$ 」が成り立つ。なお、 $\alpha = 2$ に設定すると、本実施の形態で述べる計算方法は、実施の形態 1 で述べた計算方法と同じになる。そこで、ここでは、「 $\alpha < 2$ (すなわち、 $1 < 2 < 1$)」とする。

【0102】

まず、最初に入力された x が「 $x > 1$ 」を満たす場合、x を「 $1 - \alpha$ 」倍する手続きを繰り返し行ない、初めて 1 以下になるときの繰り返し回数を m とする。これにより、この繰り返しにより更新された x を x_2 とすると、「 $1 - \alpha < x_2 < 1$ 」を満たし(図 7 における R 1)、ここまでの累積倍数が「 $L_1 = (1 - \alpha)^m$ 」となる。なお、「 $1 - \alpha$ 」は、上述した A 1 である。

40

【0103】

また、最初に入力された x が「 $x < 1 - \alpha$ 」を満たす場合、x を「 $1 / (1 - \alpha)$ 」倍する手続きを繰り返し行ない、初めて「 $1 - \alpha$ 」を越えるときの繰り返し回数を m とする。これにより、この繰り返しにより更新された x を x_2 とすると、やはり「 $1 - \alpha < x_2 < 1$ 」を満たし(図 7 における R 1)、ここまでの累積倍数が「 $L_1 = (1 - \alpha)^{-m}$ 」となる。最初に入力された x が「 $1 - \alpha < x < 1$ 」の場合は、「 $m = 0$ 」、 $x_2 = x$ とする。

【0104】

50

さらに、 x_2 が「 $x_2 \leq 1?$ 」である場合（図7におけるR2）、 x_2 を「 $1 / (1?)$ 」倍する手続きを繰り返し行ない、初めて「 $1?$ 」を越えるときの繰り返し回数を n とする。これにより、最終的に更新された x を x_3 とすると、「 $1? < x_3 \leq 1$ 」となり（図7におけるR3）、トータルの倍数が「 $L = L_1 \times (1?)^n$ 」として求まる。また、 x_2 が、「 $1? < x_2$ 」であるときは、「 $n = 0$ 」とする。つまり、数式5における「 $? \log(L)$ 」が次式となる。なお、「 $1?$ 」は上述したA3である。
 【数7】

$$-\log(L) = M \times \log\left(\frac{1}{1-\alpha^2}\right) + N \times \log\left(\frac{1}{1-\alpha}\right)$$

$$M = m(x > 1), 0(1 - \alpha^2 < x < 1), -m(x < 1 - \alpha^2)$$

$$N = -n \text{ or } 0$$

10

【0105】

以上の処理により、数式5におけるLog-Taylor(x, p)の計算手順が示される。そして、Log-Taylor(x, p)の計算手順が、上述した図5のフローチャートにおける処理である。

【0106】

次に、実施の形態1、および実施の形態2で述べたLog-Taylor(x, p)とlog(x)の誤差について示す。Log-Taylor(x, p)とlog(x)の誤差((, p))は、以下の数式8で示される。なお、pは、Taylor展開における次数である。

20

【数8】

$$\varepsilon(\beta, p) = |\text{Log-Taylor}(x, p) - \log(x)| = \log\left(\frac{1}{1-\beta}\right) - \left(\beta + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta^3}{3} + \dots + \frac{\beta^p}{p}\right)$$

【0107】

実施の形態1、および実施の形態2で述べた計算方法のいずれにおいても、「 $0 < <$ 」であり、「」のときが誤差の上限であるので、例えば、「 $= 0.5$ （実施の形態1の方法においては、「 $A1 = 0.5$ 」、実施の形態2の方法においては、「 $A3 = 0.5$ ）」のとき、各次数pにおける誤差の上限は、以下の数式9に示すようになる。

30

【数9】

$$\sup \varepsilon(\beta, p) = \varepsilon(1/2, p) = \log 2 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2 \cdot 4} + \frac{1}{3 \cdot 8} + \frac{1}{4 \cdot 16} + \frac{1}{5 \cdot 32} + \dots + \frac{1}{p \cdot 2^p}\right)$$

【0108】

ここで、「 $p = 1$ 」の場合は、「 $\sup (, 1) = \log 2 - 1/2 = 0.19315$ 」である。「 $p = 2$ 」の場合は、「 $\sup (, 2) = \log 2 - 5/8 = 0.0681472$ 」である。「 $p = 3$ 」の場合は、「 $\sup (, 3) = \log 2 - 2/3 = 0.026480514$ 」である。「 $p = 4$ 」の場合は、「 $\sup (, 4) = \log 2 - 131/192 = 0.01085551$ 」である。「 $p = 5$ 」の場合は、「 $\sup (, 5) = \log 2 - 661/960 = 0.00460551$ 」である。

40

【0109】

また、「 $= 0.2$ 」（実施の形態1の方法においては、「 $A1 = 0.8$ 」、実施の形態2の方法においては、「 $A3 = 0.8$ ）」のとき、各次数pにおける誤差の上限は、以下の数式10に示すようになる。

【数10】

$$\sup \varepsilon(\beta, p) = \varepsilon(1/5, p) = \log(5/4) - \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{2 \cdot 25} + \frac{1}{3 \cdot 125} + \frac{1}{4 \cdot 625} + \dots + \frac{1}{p \cdot 5^p}\right)$$

【0110】

50

ここで、「 $p = 1$ 」の場合は、「 $\text{sup}(\quad, 1) = \log(5/4) - 1/50.02314355$ 」である。「 $p = 2$ 」の場合は、「 $\text{sup}(\quad, 2) = \log(5/4) - 11/500.00314355$ 」である。「 $p = 3$ 」の場合は、「 $\text{sup}(\quad, 3) = \log(5/4) - 167/7500.00047688465$ 」である。「 $p = 4$ 」の場合は、「 $\text{sup}(\quad, 4) = \log(5/4) - 1673/75000.00007688465$ 」である。

【0111】

すなわち、各次数 p において誤差は、上記の式の右辺の値以上にはならない。このように、 \quad が0に近いほど（実施の形態1の方法においては A_1 が、実施の形態2の方法においては A_3 が1に近いほど）、小さな次数 p で誤差を小さく出来る。特に、「 $\quad = 0.2$ 」における次数 $p = 2$ での誤差の上限は、「 $\quad = 0.5$ 」における次数 $p = 5$ での誤差の上限よりも小さい。

10

【0112】

ただし、実施の形態1の方法において、誤差を小さくするために \quad を小さく設定すると、「 $1 - \quad$ 」が1に近いために、 L を求める際の繰り返し回数 m が大きくなり、演算量が増える。実施の形態2の方法では、 L を求める際に、 \quad より大きく設定した \quad_2 を用いることで、繰り返し回数 m を少なくできる。また、この m 回の繰り返しによって x の範囲が「 $1 - \quad_2 < x \leq 1$ 」にできるので、ここから更に「 $1 - \quad < x \leq 1$ 」とする繰り返し回数 n も少なくできる。

【0113】

以上、本実施の形態によれば、さらに高速に正の実数の対数を演算できる演算処理装置を実現できる。

20

【0114】

なお、本実施の形態における演算処理装置を実現するソフトウェアは、以下のようなプログラムである。つまり、このプログラムは、記憶媒体に、「 $0 < A_1 < 1$ 」、「 $A_2 = 1/A_1$ 」、「 $A_1 \leq A_3 < 1$ 」、「 $A_3 = 1$ 」、「 $A_4 = 1/A_3$ 」、「 $B_1 = \log A_2$ 」、「 $B_2 = \log A_4$ 」を満たす定数値 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 B_1 、 B_2 を格納しており、コンピュータを、正数 x を受け付け、メモリ上に配置する受付部と、前記受付部が受け付けた x が1より大きいか、または、 x が A_3 以下であり A_1 より大きいか、または、 x が A_1 以下であるか、を判断する第一判断部と、前記第一判断部が、 x が1より大きいと判断した場合に、演算式「 $x \times A_1$ 」で示される第一演算を実行し、算出した値を x とし、 x が1以下になるまで、 m 回、前記第一演算を繰り返し実行し、最後の x と m をメモリ上に配置する第一処理部と、前記第一判断部が、 x が A_1 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_2$ 」で示される第二演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_1 より大きくなるまで、 m 回、前記第二演算を繰り返し実行し、 $-m$ を m とし、最後の x と m をメモリ上に配置する第二処理部と、前記 x が A_3 以下であるか否かを判断する第二判断部と、前記第一判断部が、前記 x が A_3 以下であり A_1 より大きいと判断した場合、または前記第二判断部が、前記 x が A_3 以下であると判断した場合に、演算式「 $x \times A_4$ 」で示される第三演算を実行し、算出した値を x とし、 x が A_3 より大きくなるまで、 n 回、前記第三演算を繰り返し実行し、 $-n$ を n とし、最後の x と n をメモリ上に配置する第三処理部と、1以下であり A_3 より大きい x であり、前記受付部が受け付けた x 、または前記第一処理部または前記第二処理部または前記第三処理部が取得した x を1から減算し、減算した結果である \quad を得て、当該 \quad をメモリ上に配置する減算処理部と、前記記憶媒体から B_1 および B_2 を読み出し、当該 B_1 、 B_2 、予め決められた定数 p 、前記 m 、前記 n 、および前記減算処理部が取得した \quad を用いて、数式2を実行し、実行結果 y をメモリ上に配置する出力値演算部と、前記出力値演算部が取得した実行結果 y を出力する出力部として機能させるためのプログラム、である。

30

40

【0115】

また、上記プログラムは、前記減算処理部が取得した \quad の値に応じて、 p の値を決定し、当該 p の値をメモリ上に配置する次数決定部としても機能させるためのプログラム、で

50

あることは好適である。

【0116】

また、上記各実施の形態において、対数の底を e （自然対数）として説明した。しかし、底は a である一般の対数に対しては、最終的な計算結果に $\log_a e$ を乗算すれば良いので、 $\log_a e$ の演算も同様に可能であり、特許請求の範囲や、特許明細書に記載した対数演算は、一般の対数の演算も含むことは言うまでもない。

【0117】

また、上記各実施の形態において、各処理（各機能）は、単一の装置（システム）によって集中処理されることによって実現されてもよく、あるいは、複数の装置によって分散処理されることによって実現されてもよい。

10

【0118】

また、図8は、本明細書で述べたプログラムを実行して、上述した種々の実施の形態の演算処理装置を実現するコンピュータの外観を示す。上述の実施の形態は、コンピュータハードウェア及びその上で実行されるコンピュータプログラムで実現され得る。図8は、このコンピュータシステム340の概観図であり、図9は、コンピュータシステム340のブロック図である。

【0119】

図8において、コンピュータシステム340は、FD（Flexible Disk）ドライブ、CD-ROM（Compact Disk Read Only Memory）ドライブを含むコンピュータ341と、キーボード342と、マウス343と、モニタ344と、マイク345とを含む。

20

【0120】

図9において、コンピュータ341は、FDドライブ3411、CD-ROMドライブ3412に加えて、CPU（Central Processing Unit）3413と、CD-ROMドライブ3412及びFDドライブ3411に接続されたバス3414と、ブートアッププログラム等のプログラムを記憶するためのROM（Read-Only Memory）3415と、CPU3413に接続され、アプリケーションプログラムの命令を一時的に記憶するとともに一時記憶空間を提供するためのRAM（Random Access Memory）3416と、アプリケーションプログラム、システムプログラム、及びデータを記憶するためのハードディスク3417とを含む。ここでは、図示しないが、コンピュータ341は、さらに、LANへの接続を提供するネットワークカードを含んでも良い。

30

【0121】

コンピュータシステム340に、上述した実施の形態の演算処理装置の機能を実行させるプログラムは、CD-ROM3501、またはFD3502に記憶されて、CD-ROMドライブ3412またはFDドライブ3411に挿入され、さらにハードディスク3417に転送されても良い。これに代えて、プログラムは、図示しないネットワークを介してコンピュータ341に送信され、ハードディスク3417に記憶されても良い。プログラムは実行の際にRAM3416にロードされる。プログラムは、CD-ROM3501、FD3502またはネットワークから直接、ロードされても良い。

40

【0122】

プログラムは、コンピュータ341に、上述した実施の形態の演算処理装置の機能を実行させるオペレーティングシステム（OS）、またはサードパーティープログラム等は、必ずしも含まなくても良い。プログラムは、制御された態様で適切な機能（モジュール）を呼び出し、所望の結果が得られるようにする命令の部分のみを含んでいれば良い。コンピュータシステム340がどのように動作するかは周知であり、詳細な説明は省略する。

【0123】

また、上記プログラムを実行するコンピュータは、単数であってもよく、複数であってもよい。すなわち、集中処理を行ってもよく、あるいは分散処理を行ってもよい。

【0124】

50

本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0125】

以上のように、本発明にかかる演算処理装置は、十分に高速な対数演算ができる、という効果を有し、演算処理装置、発音音評定装置、機械翻訳装置等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0126】

【図1】実施の形態1における演算処理装置のブロック図

【図2】同の大きさの範囲とpの値の対応表を示す図

10

【図3】同演算処理装置の動作について説明するフローチャート

【図4】実施の形態2における演算処理装置のブロック図

【図5】同演算処理装置の動作について説明するフローチャート

【図6】同演算処理装置の動作について説明するフローチャート

【図7】同と2の関係を示す図

【図8】同演算処理装置を実現するコンピュータの外観図

【図9】同演算処理装置を実現するコンピュータのブロック図

【符号の説明】

【0127】

1、2 演算処理装置

20

11、41 定数値格納部

12 受付部

13、43 第一判断部

14、44 第一処理部

15、45 第二処理部

16、48 減算処理部

17 次数決定部

18、49 出力値演算部

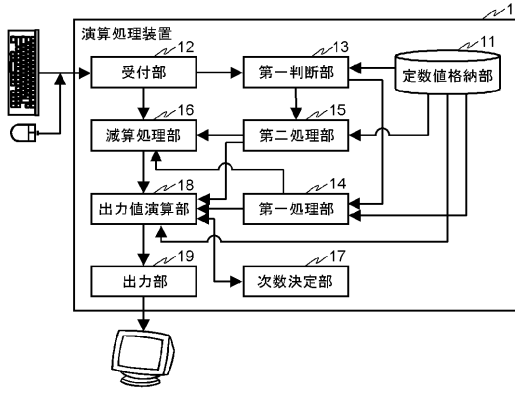
19 出力部

46 第二判断部

30

47 第三処理部

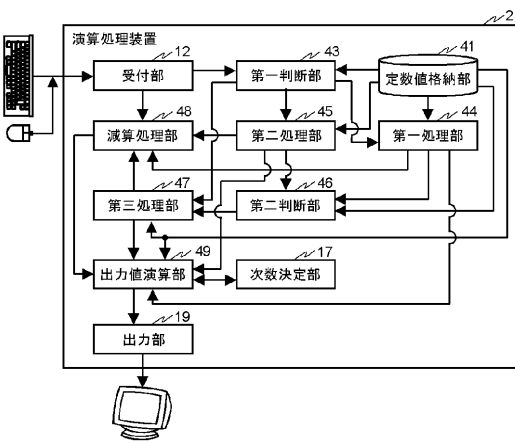
【図1】



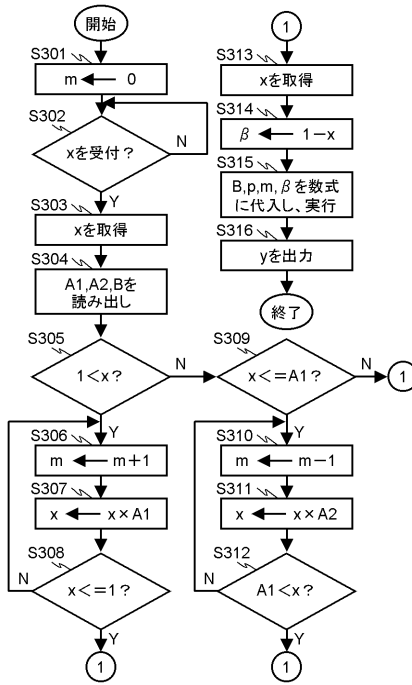
【図2】

β の範囲	P
$0 \leq \beta \leq 0.1$	3
$0.1 < \beta \leq 0.2$	4
$0.2 < \beta \leq 0.3$	5
$0.3 < \beta \leq 0.4$	6
$0.4 < \beta$	7

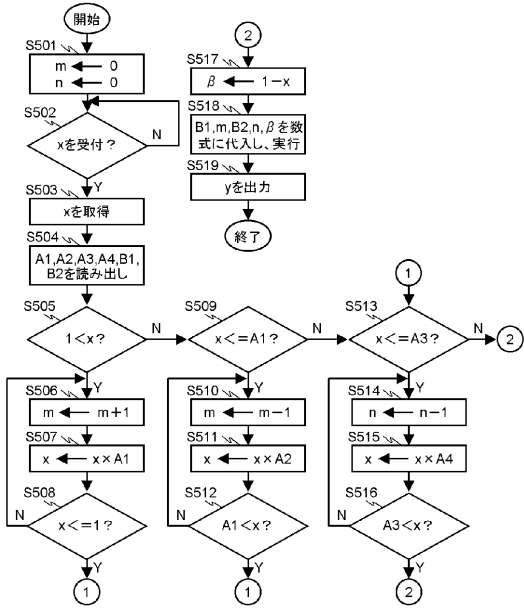
【図4】



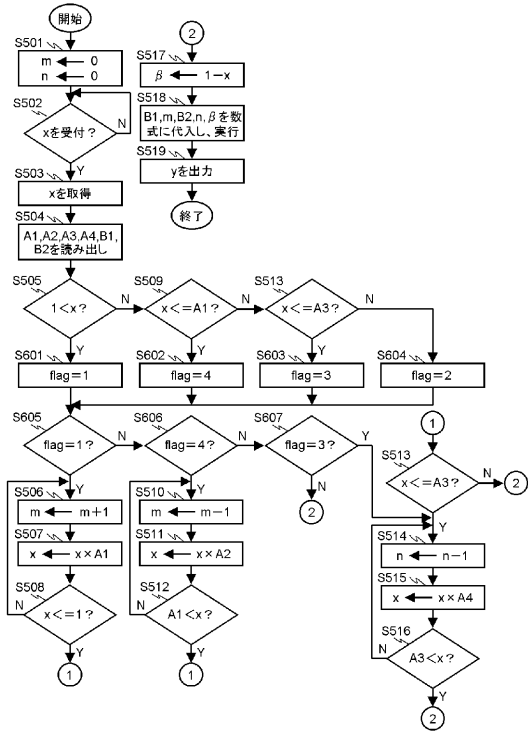
【図3】



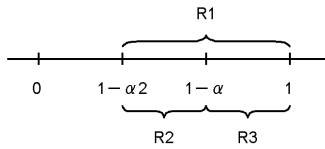
【図5】



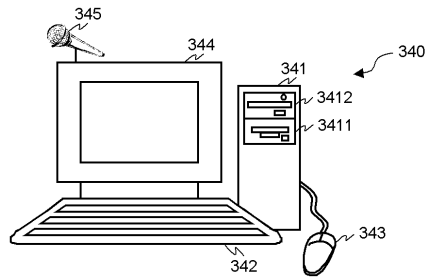
【図6】



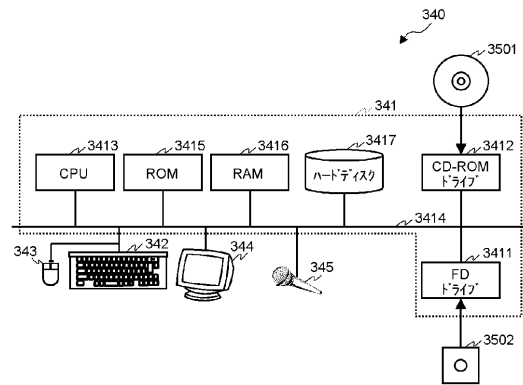
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (72)発明者 山田 玲子
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 駒木 亮
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 久保 理恵子
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 生馬 裕子
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 田中 友章

(56)参考文献 特開2006-163529(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 7/556

IEEE Xplore