

資料紹介(そのI)

(以下は非公式に資料を紹介するものでありますから、内容の確認、引用の可否、引用の仕方など全て原典にもどって御判断下さい。)

Computerised Storage and Radiochemical Interpretation of Nuclear Decay Schemes - The CASCADE Program

D. G. Vallis

AWRE/O-45/74

原子核崩壊様式の計算機への収納法と放射化学的な解釈 カスケード・プログラム

松本純一郎(原研)

このレポートは、英国AWREのIBM370/165用に使われた、 α 、 β 崩壊のためのプログラムについて述べている。表題から想像されるように、親核から娘核の各励起レベルの α 、 β 転移の分岐比、 γ 線データ、各レベルのスピン・パリティなどの正確な情報が得られたときに、通常の測定にはかかりにくいような内部変換電子、X線、Auger電子の寄与を理論的に補足計算して、その崩壊様式の全体像を導き、放射化学、炉物理などで必要な資料を提供することを主な目的としている。したがって、新しいより精度の高い実験データが得られたときに置き換えの容易なデータの収納法とか、あるいは崩壊熱に必要な β 線の平均エネルギー、X線やAuger電子の計算などには配慮がなされているが、この著者も断っているように実験データの判定評価をするようなプログラムではない。得られた結果の信頼度はinputデータの正確さに全く依存している。プログラムのサイズは1.5 M Bytesで、データおよび計算のための各種の表はディスクに収納されている。以上inputデータとして必要なもの、計算の内容、outputの主なものを順に説明する。

1. Input データ

1.1 親核の原子数Z, 質量数Aと寿命

1.2 親核の基底状態から娘核の各レベルの α 、 β 転移の区別とエネルギー、分岐比。各レベルのスピン、パリティおよびデータのあるものについてはその寿命。電子捕獲崩壊(EC)と β^+ 崩壊の混っているものについては、データがあるものにそのEC/ β^+ 。 β^+ が許されず計算不要の場合は一1.0。

1.3 γ 転移のデータ。各レベルから下のレベルへのすべての γ 転移をそれぞれカード1枚相当で

決った順に並べる。 γ 転移の見つかっているものは、そのレベルからの相対転移確率、ないものはブランクカード、また混りの割合も含めてその multipolarity, さらにデータのあるものについては K, L_1, L_2, L_3, M 内部変換電子係数の値を与える。

1.2 を補足すると、このプログラムで扱えるものは、 α, β 崩壊のみであって、中性子射出を含む核反応および核分裂は含まれていない。娘核の励起状態の数は暫定的に 30 本という制限を設けている。励起レベルの寿命は、測定装置の時間分解能（たとえば 10^{-7} 秒の同時計数回路）との関係で、アイソマーと看做すべきものについては、それに相当した取扱いをするために与える。

2. プログラムの内容

まず主なものを列挙すると、

2.1 input data の収納。

2.2 β^-, β^+ の end point エネルギー E_0 と、 $Z, \Delta I, \Delta\pi$ から平均の β エネルギー E/E_0 を計算する。

2.3 EC/β^+ の比が 0 でなくて実験データがないものに対して、 E_0, Z からこれを計算する。

2.4 K, L, M 内部変換電子係数の計算。

2.5 電子捕獲崩壊および内部変換電子崩壊に伴う X 線, Auger 電子の射出確率を計算する。

2.6 親核から娘核の基底状態までの、さまざまな放射線射出を經由しての崩壊確率を、たとえば全崩壊の 0.001% 以上のものについてすべて計算し結果を収納する。

各項目について補足説明をすると、2.1 では特に基底状態間の β 転移のように、 γ 線射出を伴わないために測定精度が上らず、しかも結果が全崩壊確率の値に影響を及ぼすものがあるので、修正のし易いデータの収納法に工夫をしたと述べている。現在までの収納核種は 60 である。

2.2 は崩壊熱計算に有用だが、まず $\Delta I, \Delta\pi$ から、 β 崩壊を allowed shape, unique first forbidden, unique second forbidden shape に分けて、Widman¹⁾ の計算した表から E/E_0 を求める。 $E_0 = 0.05 \sim 5.0 \text{ MeV}$, $Z = 1 \sim 95$ non-unique second forbidden shape ($\Delta I = 2, \text{no}$) のように核行列要素に依存するものは、このプログラムの範囲を越える。

2.3 は Zweifel²⁾ の計算値の logarithmic interpolation から EC/β^+ を計算する。これは allowed shape ($\Delta I = 0, 1, \Delta\pi = \text{no, yes}$) で K -capture の場合に、 $Z = 15, 28, 48, 83, 91$, $E_0/mc^2 = 1.28 \sim 12.48$ に対して数値が与えられている。

2.4の理論値はHager-Seltzer³⁾の表を基に計算される。著者はBerkeleyから、この表の磁気テープを貰い受けたようである。プログラムではoptionにより、1) 理論値だけを用いるもの、2) 実験値だけを用いて、それのないものは0にするもの、3) 実験値を優先させるが、それのないものについては理論値を用いるもの、の3通りが選択できるようになっている。

2.5はZが指定されれば、K, L軌道電子の結合エネルギー、fluorescence yieldの値⁴⁾から計算する。X線についてはKとLまで、Auger電子についてはKLLだけを計算の対象とする。

2.6は崩壊のさまざまなルートを、同時計数し得る放射線の組合わせという観点で分類し、それぞれの相対確率を決める。たとえばあるK電子捕獲転移を見た場合に、それに続いて、1) KX線が出て、さらにLX線が出る。2) KX線が出た後、M, NX線が出る、3) KLL Auger電子が出てLX線がそれに続く、といったルートが考えられる。それら可能な崩壊の道筋を系統的にsurveyして、それぞれの相対確率を、たとえば崩壊当り0.001%以上のものについて計算する。

3. Output データ

3.1 最初の転移データ

Input データ、および電子捕獲転移のそれぞれに対して、X線、Auger電子の射出確率の計算結果を与える。

3.2 γ 転移データ

レベルのエネルギーと寿命、unconverted γ 線のエネルギー、転移確率、multipolarity、内部変換電子係数、X線とAuger電子の射出確率などを与える。

3.3 カスケード・データ

2.6で述べたさまざまなdecay routeの相対確率を、大きいものから順に与える。

3.4 同時計数データ

inputで指定する同時計数する放射線の組合わせに対して、その相対率を与える。

3.5 全射出強度

その核種について、各 γ 線、X線などの全射出確率を与える。この他にもoptionにより、いろいろなoutputが可能なようであるが、それらについては省略する。

4. 問題点

著者が挙げている第1の欠点としては、誤差の計算が全く含まれていないということがある。こ

れについては input および output の誤差を厳密に統計的に取扱うことは、とくに多大な労力が必要であるので計画しなかったと書いている。結果の信頼度は、decay scheme の評価者の判断の良否に完全に依存するので、input データの収納に際して、その出所が分るようにプログラムを修正する予定にしており、使用者は原論文に戻ってデータの適否を判定できる形にする。

次に崩壊が次々と起る複雑な核種を取扱うような内容を含んでいない。metastable state があつたときに、ここでは次の metastable state または終状態までを他と独立な1つの崩壊様式と考えて、全く同じ計算をこの系列内で行なう。

その他にもたとえば EC/β^+ の計算などのように、もっと新しい理論値の欲しいものもある。この大変な労作は核データの計算に有用であるが、なお崩壊様式の複雑さのペールを引きはがして、本物にどれ程迫り得るかという点では物足りない面もあるだろう。

参考文献

- 1) J.C.Widman, J.Mantel, N.H.Horwitz and E.R.Powsner : Int. J. of Appl.Rad. and Isotopes, 19, 1(1968).
- 2) P.F.Zweifel : Phys.Rev. 107, 329(1957).
- 3) R.S.Hager and E.C.Seltzer : Nucl.Data A4, (1-2)(1968).
- 4) A.H.Wapstra, G.J.Nijgh and R.van Lieshout : Nuclear Spectroscopy Tables, North Holland Publishing Co., Amsterdam(1959).