核データ部会、シグマ調査専門委員会　合同セッション

核データ部会20年間の歩みとこれからの20年

（3）私の夢見る20年後の核データ研究～測定研究を通して～

木村　敦

はじめに

20年の予測は結構難しい

100年後なら

- 「核データの誤差は工学的に無視できるほど小さくになっている。」
- 「原子核理論からの計算によって問題のない精度が達成できている。」

なんて言えますし、5年後なら、現在の状況から大体推測できます。

一方で、20年という時間は、計画を立て、お金が付き、
実行できれば大きな進展がみられる長さで、
それを予測するのはなかなか困難です。

本発表では、「私の考える20年後の核データ測定」を楽観的に五つ予言してみます。

自分のこれまで研究の経歴から、話の内容が中性子核データに偏っていることは御容赦いただければと思います。

「核データを利用する計算コードに
核データの誤差が取り込まれ、
核データに起因する誤差が
広く認識されるようになるでしょう。」

その①

問題点：
核データの誤差の認識

原子力以外にも医療や加速器工学などの分野での
核データの利用が急激に広がり

原子力以外の多くの分野の研究者には
「核データにも当然誤差はあるが
工学的には十分無視できるほど小さい」
と誤解されている

アボガドロ定数の測定値抜粋[1]
赤字：ノーベル物理学賞受賞者

年代	著者・機関	N_A $10^{23}mol^{-1}$	不確かさ（%）
1865	Loschmidt	0.193	------
1890	Roentgen	7.00	30
1890	Rayleigh	6.08	1
1901	Planck	6.16	1
1908	Perrin	6.70	30
1909	Rutherford	6.14	6
1911	Einstein	6.56	30
1917	Millikan	6.064	0.6
1941	Birge	6.02283	0.01
1974	NBS(米)	6.0220943	0.0006
1994	IRMM(EU)	6.0221365	0.00008
2017	国際Project	6.022140526	0.0000012
2017	AIST(日本）	6.02214078	0.0000024

現状の核データの精度
（我々は当然こんなものと
認識している）

世間（専門家以外）が
認識している核データの精度

※アボドガロ定数は2019年の再定義で誤差を持たない定数となりました。
旧定義：モルは、0.012 kgの炭素12に含まれる原子と等しい数の構成要素を含む系の物質量
新定義：モルは、物質量のSI単位であり、厳密に$6.02214076 \times 10^{23}$の要素粒子が含まれる。

[1]田中　充，日本物理学会誌，52，320（1997）

その結果

多くのシミュレーションを行うユーザーが

- 数値誤差
- 体系を記述したときの誤差

計算結果に表示されたり、
自分で入力しているので認識

- 核データに起因する誤差 → 無視できるくらい小さいと考えている

という状況になっている。

→核データに関する要望が我々にフィードバックされない。

予言その①

20年後には計算結果に核データ起因の誤差が表記され、
利用者がその大きさを認識し、我々にフィードバックが
戻ってくるようになるでしょう。

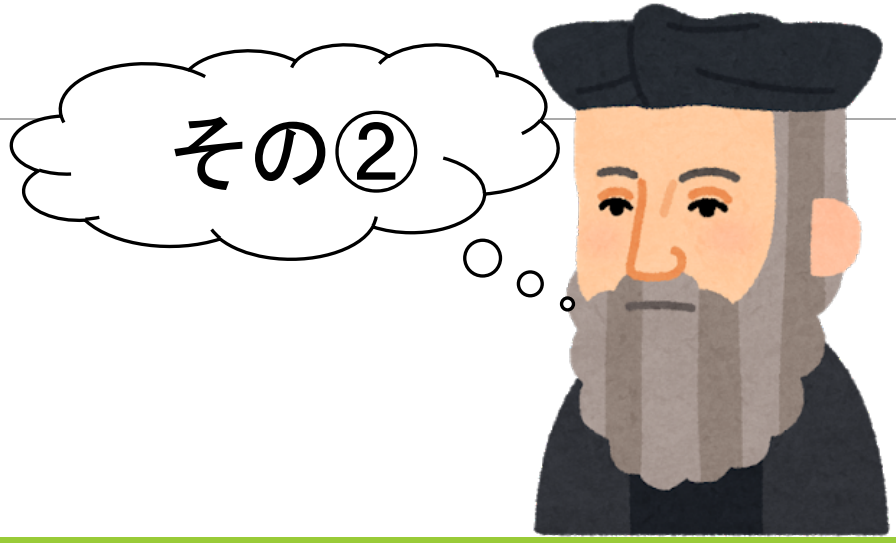
達成に向けて

計算コードの開発者の多大な協力が必要ですが、
我々の方でも、

- ほとんどすべての核種（特に安定核）・反応に対する誤差の評価
- 中性子だけでなく、陽子や重陽子に対するデータの整備
- 誤差評価のため実験データの少ない核種・反応に対する測定

が必要になるでしょう。

「希少な放射性試料が国内で生産されるようになるでしょう。」



ノストラダムス

放射性試料の入手

希少な放射性試料のほとんどを海外から購入しており、測定できる核種に大きな制限

予言その②

20年後には日本国内で放射性核種を使用済み燃料から分取し、実験ができる体制が確立されていることでしょう。

- 放射化学のグループとの協働
- 核燃料を取り扱える施設と人材の確保が重要。

「理論と実験の融合が進み、理論に制約を与える実験が多く実施されることでしょう。」

その③

予想というよりも現状でもこれが進んでいます。

直接測定が困難な反応に対して

実験による直接測定が困難な核種・反応に対する核データの要求が年々強くなっている。
（測定ができるものはだいぶ測定されてきている。）

代理反応による断面積測定研究が盛んにおこなわれている。

例えば、

- New-SUBARUを用いた(γ,n)測定（逆反応）
- タンデム加速器を用いた重原子核反応による代理反応を用いた研究

等が進められている。

さらに将来は

予言その③

20年後にはこの傾向がさらに強まり、理論計算に制約を与えるための実験が多く行われるようになるでしょう。
また理論計算による導出だけでなく、代理反応を利用した測定も今まで以上に活発に進められていく事でしょう。

最終的には
「実験⇒理論」から「理論⇒実験」
へと転換していく事になるでしょう。

「複数の試料を複数の施設で測定する体制が整備されることで、誤差の議論が可能となり、真値への収束が進むでしょう。」

その④

現状

- 実験に使う試料
  →各研究機関が別個に準備
- 実験装置（中性子発生装置など）
  →異なる施設の実験装置を利用別々に解析

- 測定試料に起因する誤差
- 実験施設や解析法などに起因する誤差

これらの誤差の切り分けが非常に困難。

真値への収束を妨げている！？

将来は

予言その④

20年後には複数の試料を複数の施設で測定する体制が整備されるでしょう。

- 同一の施設での異なる試料の測定結果
- 同一試料の異なる施設での測定結果

が比較可能に。

- 試料起因の誤差
- 測定・解析手法に関する誤差

の切り分けや誤差の妥当性の議論が可能に。

より早く真値への収束が進むようになります。

達成に向けて

これを達成するためには、
- 国際的な試料データベースの構築
- 海外の実験施設との連携の強化
- 実験施設の相互利用

をすすめ、国際協力により
「試料を交換して複数の施設で測定する体制の構築」
を行う必要があります。

「新しい核データ測定のための施設が建設され、測定が開始されているでしょう。」

その⑤

（私の＋中性子実験装置の）現状

- J-PARC・MLF・中性子核反応測定装置(ANNRI)で実験を実施。
- ANNRIは2009年に完成した大強度のパルス中性子源を利用できる実験装置ですが、非密封RIや核燃料物質は使用不可。
- 核燃料物質の利用が可能なパルス中性子源としては京都大学にある電子線加速器がありますが、1965年に完成した加速器です。

⇒ 20年後には装置の陳腐化・老朽化も

私の希望

予言その⑤

20年後には、予算を獲得して核燃料物質が利用可能な
新たなパルス中性子源を用いた実験装置が建設され、
日本国内で核データの測定実験が盛んに行われている事
でしょう。

我田引水で自分の分野に引っ張りましたが、分野として
「20年後に必要とされる実験装置は何か(主戦場はどこか)」
ということを見据えて、
次期の実験装置建設・既存施設の改良のチャンスを
虎視眈々と狙っていかなくてはならないと考えています。
（他分野との協働になると思います。）

最後に

20年後といえば私は65歳、
現役で部会に在籍している可能性が高く、
部会創立40周年の記念セッションにも
えらそうな顔で参加しているでしょう。
その際にこの予言がある程度は現実になっているよう
精進を進めていきたいと思います。

**20年という時間は、計画を立て、お金が付き、
実行できれば大きな進展がみられる長さです。
核データの明るい未来に向けて頑張っていきましょう**

部会創立20周年の場で、このような発表の機会を与えていただいた、
部会の皆様に感謝いたします。

本発表はあくまでも筆者個人の私見、夢であり、所属組織を代表するものではありません。