

グラフ読み取り数値化システムの国際ベンチマーク

International Benchmark for Data Point Readers

日本原子力研究開発機構核データ評価研究グループ
大塚 直彦
北海道大学知識メディアラボラトリ
鈴木 隆介

OTUKA Naohiko
Nuclear Data Center, Japan Atomic Energy Agency
SUZUKI Ryusuke
Meme Media Laboratory, Hokkaido University

Abstract

A benchmark test of data point readers proposed by IAEA-NDS has been done. Four systems developed by JCPRG (SyGRD, GRES, GSYS and ExtGSYS) and two other systems developed by CAJaD and Sarov center attended this benchmark. We analyze difference between digitized data and author's data. We confirm that the accuracy of numerical data digitized by JCPRG is within 1% for data plotted in linear scale, while is 5% and 20% for data and uncertainty in logarithmic scale.

1 はじめに

日本荷電粒子核反応データグループ (JCPRG) では、論文の採録に必要な数値データをグラフから取得するために、多くのグラフ読み取り数値化システムを開発してきた。NRDF の開発当初には GRADIS [1, 2, 3] があり、その後、岡部氏によるシステム [4] が開発された。最近では、SyGRD [5], GRES [6], Geader [6] が、それぞれ、Windows、cgi、Java のアプリケーションの形で開発され、利用されてきた。また、Geader を発展させる形で、昨年度は GSYS [7] と呼ばれるアプリケーションが開発された。最近の JCPRG の採録では GSYS が主に使われている。このように、JCPRG は多くのグラフ読み取り数値化システムを開発してきたが、そこから得られた数値の読み取りの精度 (著者が作図に用いた数値との隔たり) の評価は、これまで画像のスキャン時に生じる歪みの検討 [8] が行われた程度である。

この度、同様のシステムを用いて採録を行っているセンターに対して、IAEA-NDS の S. Dunaeva 氏からベンチマークの提案があり、JCPRG は NNDC や CAJaD などと共にこれに参加した。この報告では、このベンチマークの内容と結果について報告する。この結果を IAEA 核データ課の S. Dunaeva 氏と取りまとめたものは、2005 年度 IAEA 核反応データセンター会議で報告された。その詳細については、会議報告 [9] を参照されたい。

2 方法

Dunaeva 氏から Memo CP-D/425 で 2005 年 4 月 1 日に提案されたのは、以下のようなベンチマークである：

- D. Bucurescu *et al.*, Nucl. Phys. **A674** (2000) 11 の Fig.2 を読み取る。
- その結果を EXFOR のエントリーの形で IAEA-NDS に送る。
- プログラムの名称と出どころを明記する。
- 読み取りの精度も見積もる。
- NDS は比較の結果と著者の数値をメモの形で公表する。

JCPRG は、これを我々が開発してきた複数のデジタイザーの間の性能比較の好機とも捉え、SyGRD, GSYS, ExtGSYS¹, GRES の 4 つのシステムでこの提案に応じることにした。我々の他には、NNDC が GSYS で、また CAJaD が独自のシステムでこのベンチマークに参加した。なおこの論文のデータは、Dunaeva 氏の出身の Sarov グループで読み取られた数値とともに、既に EXFOR に格納されていた (F0537.003)。

読み取った数値を Dunaeva 氏に送信したところ、翌日には著者から入手した数値データが送られてきた。そこで我々は、著者の数値データと我々の 4 つが読み取った数値、さらに NNDC, CAJaD, Sarov が読み取った数値を解析・比較した²。

対象となった図は $^{120}\text{Te}(d,t)^{119}\text{Te}$ 反応の角度分布であり、残留核の 9 つの励起状態が 9 枚のパネルに分けて図示されている。それぞれ横軸は角度 (リニア) であり縦軸は角度分布 (ログ) である。今回の解析では、各データ点の横軸の値、縦軸の値、縦軸の誤差棒それぞれの数値について、読み取った数値 (C) と著者の数値 (E) の比 (C/E) から 1 を減じ、これを読み取りの精度と定義した。

3 結果と考察

読み取り精度を横軸の値、縦軸の値、縦軸の誤差棒のそれぞれに関して、図 1、2、3 に示す。それぞれのパネルは各グラフ読み取り数値化システムに対応している。図の上部に記された 9 つの値は ^{119}Te の励起エネルギー (keV) の値であり、これは原図の 9 枚のパネルに対応している。point number とはパネルごとに左から右に向けてデータ点につけた番号である。CAJaD と Sarov は横軸と縦軸のそれぞれについて、システム自身が見積もった読み取り精度 (公称精度) を与えているので、図 1 と 2 にはそれも実線で示した。

図 1 と 2 で、各励起エネルギーのデータ群の境界以外において値が欠損している部分は、読み取りの精度が図に示せないほどに良好であることを意味する。一方、図 3 における欠損は、誤差棒が短いためにその長さが読み取られなかったことを意味する。

解析の結果から分かることを列挙する：

- JCPRG のシステムのうち GSYS, ExtGSYS, SyGRD が良い成績を収めており、これに Sarov のシステムが続いている。

¹ExtGSYS とは、平行四辺形型の歪みに対応するため線形変換により数値化する機能を、従来の GSYS に取り入れたものである。

²本稿の作成後にモスクワの光核データセンター CDFE から IAEA-NDS 経由で、読み取り数値が追加送付されてきた。それを合わせた分析結果は会議報告 [9] の付録を参照のこと。

- JCPRG の上記 3 システムの読み取りの精度は、横軸 (リニア) では 1%以内、縦軸 (ログ) では 5%以内、その誤差棒では数 10%以内である。誤差棒はその全体の大きさに対する 1 ドットの割合が大きく、このことが誤差棒の読み取り精度を悪くしていると理解される。
- 著者の数値からのずれ方について、上記 3 システムと Sarov のシステムはそれぞれのデータ点に関して、著者のデータ点から同じようにのずれる傾向が見られる。このことは、著者から送られてきた数値と、著者が原図の作成に用いた数値に差がある可能性を示唆している。
- JCPRG のシステムの中でも GRES の与えた数値の精度は幾分悪い。一般に、リニアの軸では値の増加に反比例して精度が良くなるはずであるが、GRES に関してはその傾向が見られない。これは GRES に対する作業者の不慣れに由来するのかもしれない。
- 同じ GSYS を用いた結果でも、JCPRG と NNDC の結果では精度がかなり異なる。これは、数値を読み取る作業に対する習熟度から来ているものと思われる。読み取りの精度がシステムに加えて作業者にも依存することを示す好例である。
- Sarov の縦軸に対するものを除けば、CAJaD と Sarov が与えている公称精度は、リニアとログの場合に、それぞれ定数 (deg) と比 (%) の形で読み取りの精度を表現していることを含め、システムが見積もった読み取り精度を正当に評価している。
- 縦軸の値で GSYS (NNDC) の 993.2 keV、CAJaD の 2405.0 keV、Sarov の 813.9 keV、また縦軸の誤差棒の値で CAJaD の 2405.0 keV に関しては、読み取り時に基本的なミスが起きている。

4 まとめと今後の課題

IAEA-NDS によって提案されたベンチマークテストのために、JCPRG で開発された 4 つのグラフ読み取り数値化システム (SyGRD, GRES, GSYS, ExtGSYS) で同一データの読み取りを行い、その結果を、著者から送られた数値、NNDC が GSYS を用いて得た読み取り結果、ならびに Sarov と CAJaD のシステムによる読み取り結果と比較した。

JCPRG で SyGRD と GSYS (あるいはその改良型) を用いて読み取られた値は、海外のセンターで得られた読み取り値に比べて良い精度を持っていることが分かった。その精度はリニアとログの値でそれぞれ 1%と数%以内であった。リニアに比べてログで精度が悪くなるのは、ログの値を真の値よりも高く読み取った場合には、真の値に対する誤差の割合がリニアの場合よりも高くなることによる、と考えられる。この結果は、作業者や読み取る画像にも依存すると思われる。Dunaeva 氏からは我々の 4 つのシステムとも十分に機能していると評価された。

さて、このベンチマークの後に、数値データをファイルから読み込んでグラフに重ねる「フィードバック機能」と呼ばれる機能が GSYS に追加された。この機能を用いることで、一度読み取って保存した数値データをグラフ上で直接比較したり、修正することが可能になった。今年度、JCPRG では D1500 番台の古い NRDF ファイルを再採録し、EXFOR への変換と送信 (E034) を行ったが、その際、この機能を用いて、過去に読み取られた数値のチェック・修正を行い、すべての図の数値を現在の読み取りの精度に改善して採録に取り込んだ。この作業では、過去に読み取られた数値をグラフに重ねる過程で、今回のベンチマークテストで見られたような単純なミスや、現在の読み取りの水準に達しない数値が散見され、読み取り値のチェックや精度の提供の必要性が明らかになってきた。今後も、読み取り数値の精度や有効桁数に関する議論を進めて、採録結果に反映していくことが望まれる。

謝辞

今回のベンチマーク実施のきっかけは、JCPRGがGSYSを2005年3月に公開し、その利用を他のセンターに呼びかけたことと想像される。ソフトウェアの公開が業界全体のレベルアップにつながった良い例と言える。今回のベンチマークにあたって、このGSYSの開発と改良を行った新井好司氏、合川正幸氏からは、ソースとともにこれらのシステムを提供して下さった。芦澤貴子氏と吉田ひとみ氏には、このベンチマークのためにいつもながらの丁寧な読み取り作業をしていただき、また読み取り結果の分析にも加わっていただいた。辞書作業部会の皆さんには、ベンチマークへのJCPRGの対応に関して色々ご助言をいただいた。Dunaeva氏は本分析のために、NNDCとCAJaDの読み取り結果のファイルを提供して下さった。これらの方々に感謝して本報告を括る。

参考文献

- [1] 田中一・風間裕「ディジタイザーによるグラフ読み取り変換システム (GRADIS)」(荷電粒子核反応データファイルユーティリティ開発報告書 [1985年3月] p.1)
- [2] 風間裕「NRDF入力用グラフ・データ入力システム (GRADIS) 使用の手引き」(荷電粒子核反応データファイルユーティリティ開発報告書 [1985年3月] p.3)
- [3] 風間裕「グラフ・データ読み取り変換システムの強化」(荷電粒子核反応データファイル年次報告 88 [1989年3月] p.2)
- [4] 岡部成玄「ディジタイザによるグラフ読み取り変換システムの更新」(荷電粒子核反応データファイル年次報告 90 [1991年3月] p.2)
- [5] 近江弘和「画像解析ソフトウェアを利用したグラフ読み取り数値化システムの開発とその利用の手引」(荷電粒子核反応データファイル年次報告 98 [1999年3月] p.2)
- [6] 合川正幸・内藤謙一・山口周志「グラフ読み取り数値化システムの開発と利用法」(荷電粒子核反応データファイル年次報告 No.17 [2004年3月] p.24)
- [7] 新井好司・蓑口あゆみ・大塚直彦・内藤謙一「GSYS: グラフ数値化システムの開発とその利用法」(荷電粒子核反応データファイル年次報告 No.18 [2005年3月] p.78)
- [8] 近江弘和「スキャン時のグラフの歪みの評価」(荷電粒子核反応データファイル年次報告 98 [1999年3月] p.21)
- [9] 大塚直彦「2005年IAEA核反応データセンター会議報告」(本報告書)

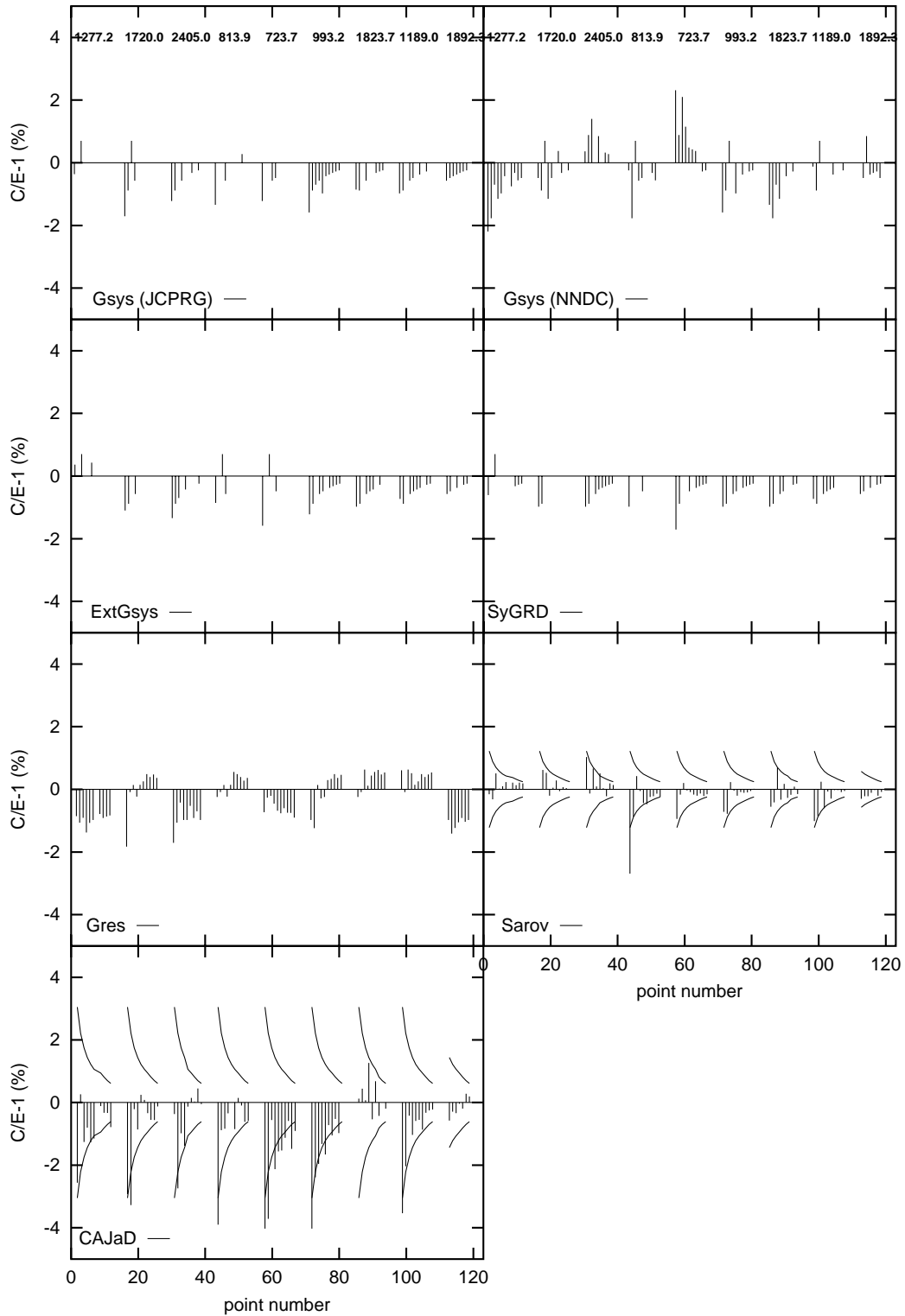


図 1: 横軸 (リニア) の値の読み取り精度、CAJaD と Sarov の公称精度も示す

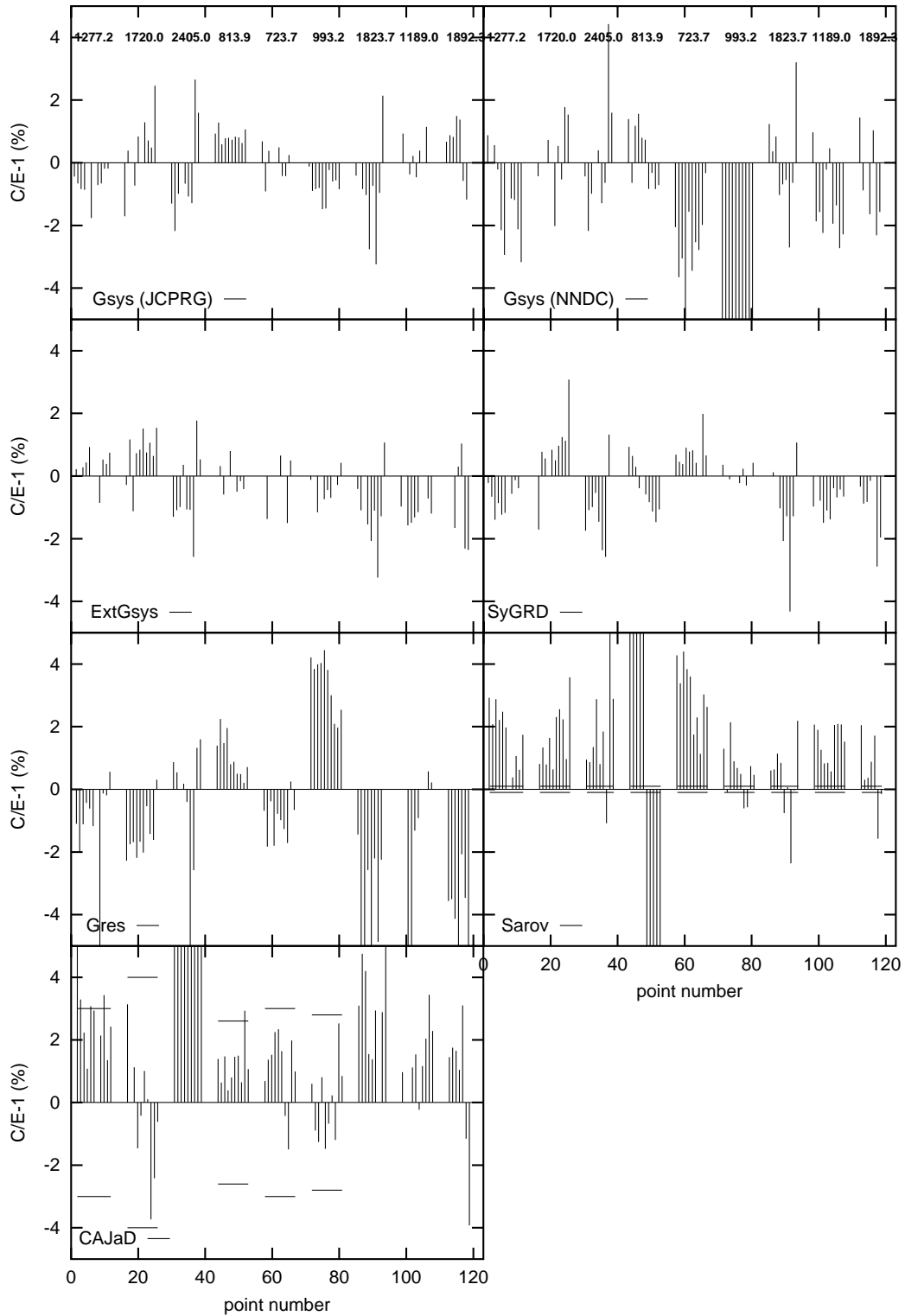


図 2: 縦軸 (ログ) の値の読み取り精度、CAJaD と Sarov の公称精度も示す

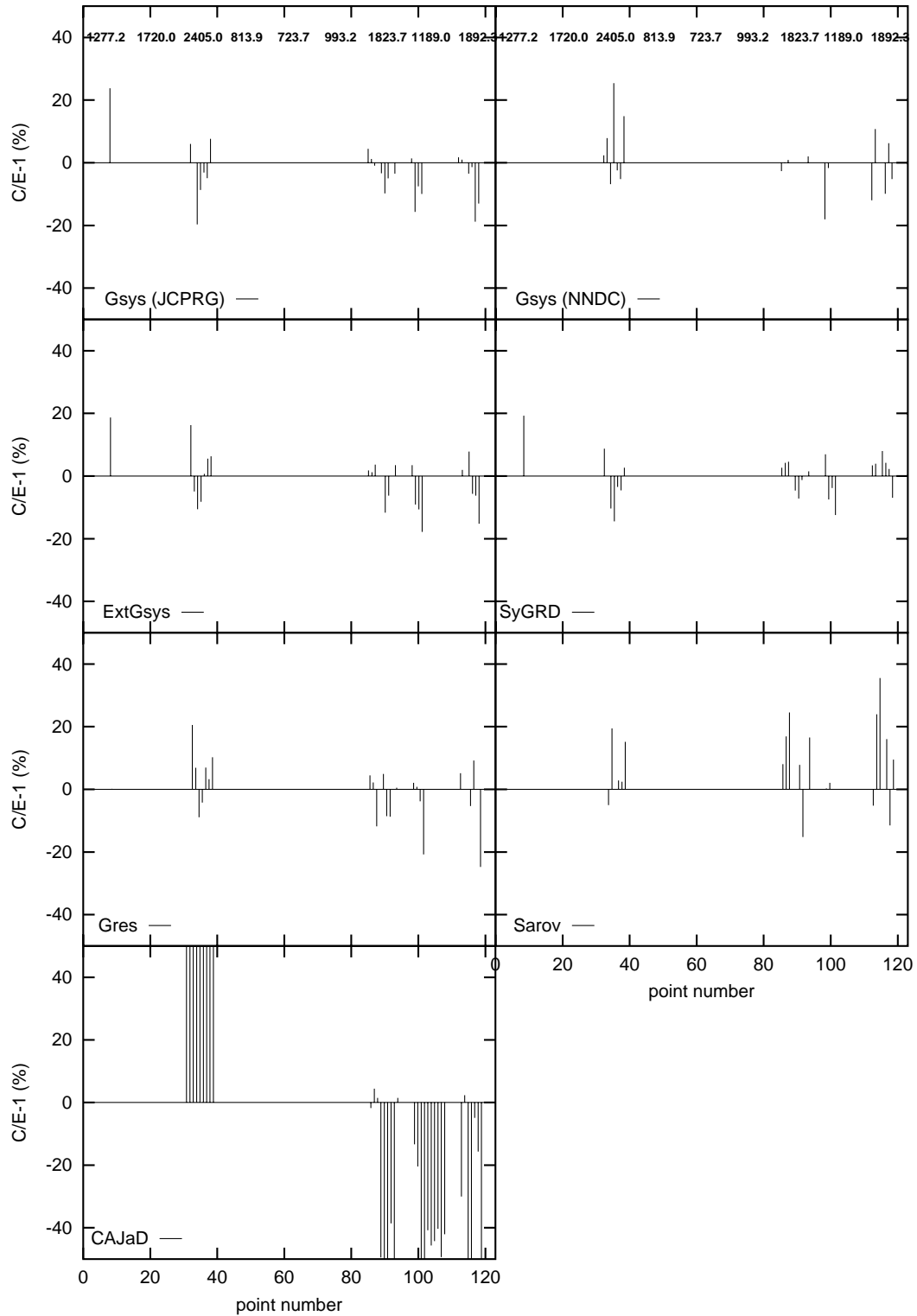


図 3: 縦軸 (ログ) の誤差棒の読み取り精度、値のない部分は読み取りの欠損を示す