九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

クライアント - サーバモデルによる評価済み核データライブラリの利用

河野, 俊彦
九州大学大学院総合理工学研究科エネルギー変換工学専攻

酒井, 治
九州大学大学院総合理工学研究科エネルギー変換工学専攻

中島, 秀紀
九州大学大学院総合理工学研究科エネルギー変換工学専攻

https://doi.org/10.15017/17448

出版情報：九州大学大学院総合理工学報告. 19 (3), pp.317-322, 1997-12-01. 九州大学大学院総合理工学研究科
バージョン：
権利関係：

九州大学大学院総合理工学研究科報告
第19巻 第3号 317 - 322頁 平成9年12月

Engineering Sciences Reports, Kyushu University
(KYUSHU DAIGAKU SOGORIKOGAKU KENKYUKA HOKOKU)
Vol. 19, No. 3 pp. 317 - 322 DEC. 1997

クライアント-サーバモデルによる評価済み核データライブラリの利用

河野俊彦*・酒井　治**・中島秀紀*

(平成9年8月20日　受理)

Application of a Client-Server Model to the Evaluated Nuclear Data Libraries

Toshihiko KAWANO, Osamu SAKAI, and Hideki NAKASHIMA

A nuclear data server which transmits the evaluated nuclear data libraries through network is proposed. The evaluated nuclear data are provided by means of TCP/IP, and client programs can receive the nuclear data with the socket library. Some examples with a prototype server program are demonstrated, the first is a nuclear data retrieval program which allows users to extract data from the nuclear data library, and the second is an access to the nuclear data library from the existent nuclear data process code.

1. 緒　　言

核エネルギー開発の基礎データとして，核データに関する研究・整備が進められてきたが，近年，評価核データライブラリの需要は，原子炉設計だけでなく，核融合炉の遮蔽や燃料サイクル・燃料再処理施設での安全設計・医療・宇宙開発などに広がっており，原子炉 (熱中性子炉・高速増殖炉) の炉心設計で重要となるUやPu等の重核のデータ以外にも，軽核・中重核のデータの重要度が増してきている．そのため，評価済み核データライブラリは，多くの核種・核反応・エネルギー領域を包括する汎用性を強めてきた．一方，核データライブラリの利用目的によっては特殊なデータに重点を置いたものも必要となったため，特定の目的に特化したライブラリも整備されるようになった．日本の評価済み核データライブラリでは，汎用ライブラリとしてJENDL-3.2[1]が整備されている．特殊目的ライブラリとしては，例えば核融合炉開発にはJENDL-Fusion Fileが提供されている．また，加速器遮蔽や医療目的にJENDL-High Energy Fileの作成が進められている．

このような評価済み核データライブラリは，磁気テープやディスクによって利用者に提供されてきたが，汎用ライブラリの精密化，特殊目的ファイルへの細分化に伴ってその容量は増し，データの提供側の負担が増加している．近年ではコンピュータネットワークが整備されたことで，従来のデータ配布方法に代わって，ネットワークを用いたデータの配布が可能になったことから，相互のデータ交換が容易になってきた．このネットワークでは，多くの異なる物理ネットワーク間で，共通のプロトコルTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) を用いることにより，ハードウェアの差異を意識することのない通信を可能にしており，全世界規模でのネットワークInternetが構築された．また，BSD (Berkeley Software Distribution) UNIX[2]ではsocketと呼ばれるシステムコールが実装され，これによって，TCP/IPによる通信を行なうアプリケーションプログラムの作成が容易になった[3]．

核データライブラリは，巨大なファイルをローカルコンピュータに保持し，コンピュータプログラムから入出力を行なうことで利用されている．また，近年ではPVM (Parallel Virtual Machine) を用いて，中性子輸送計算を並列化して高速な処理を行なう技術も確立されている．複数のコンピュータで計算を行なう場合は，全データを複製するか，NFS (Network File System)[4]を用いて各コンピュータでデータを参照できるようにしている．これらの

*エネルギー変換工学専攻
**エネルギー変換工学専攻修士課程

方法では，実際には計算に必要無いデータも全て保持される場合が多く，利用効率の悪いものとなっている．

不要なデータをローカルに持たず，ネットワークを利用して自動的に必要なデータのみを取得するようにすれば，不要なデータを保持する必要はなくなり，さらにデータのアップデートにも直ちに対応できるはずである．そこで，本研究では，ネットワークを通じての核データの利用方法を提案する．TCP/IP を用い，クライアント・サーバモデルによって，全データを保持せず必要なデータのみをネットワークを通じて取得できるようなシステムを設計して，核データ利用を可能にするサーバ・クライアントのプロトタイプを構築し，実際にこのシステムが実用的かどうかを検討することを目的とする．

2. クライアント・サーバモデル

2.1 サーバ

現在，評価済み核データライブラリを整備しているのは世界中で 5 箇所 (日本，アメリカ，ヨーロッパ，ロシア，中国) あり，これら核データセンターは各自のライブラリに対して責任を持つ．従って，データ提供を受ける利用者は，それぞれのセンターに対してデータ要求を行なえば最も信頼できるデータの提供を受けることができる．しかし，現在の Internet のデータ転送速度では，海外のセンターに対してサービスを要求するには不十分であり，国内のセンターである日本原子力研究所に対しても，数値データを常時ネットワークで転送するレベルには無い．そこで，データを提供するサーバを階層化することで，遅いデータ転送速度を補う．この物理的な接続図を **Fig. 1** に示す．トップレベルにある核データサーバは，Internet 上の IP 接続されたコンピュータである．ローカルネットワーク (LAN) 上には，LAN 内へのクライアントにデータを提供するサーバとなるコンピュータが設置される．

評価済み核データライブラリを整備する核データセンターは，各自のライブラリを提供するサーバを用意する．このサーバは，そのライブラリの権威ある数値を提供し，これをプライマリサーバと名付ける．データのアップデートは，このサーバに対してのみ行なうことで，常に最新のライブラリが利用可能となる．

核データの利用者は，LAN 内にセカンダリサーバを設置する．核データライブラリを利用するプログラム (クライアント) は，データ要求を直接プライマリサーバに行なうのではなく，LAN 内に設置されたセカンダリサーバに対して行なう．LAN 内部のデータ転送は高速なので，この通信は速やかに行なわれる．セカンダリサーバは，要求されたデータを保持していない場合に限り，プライマリサーバへのデータ要求を行ない，得られたデータをクライアントに転送する．

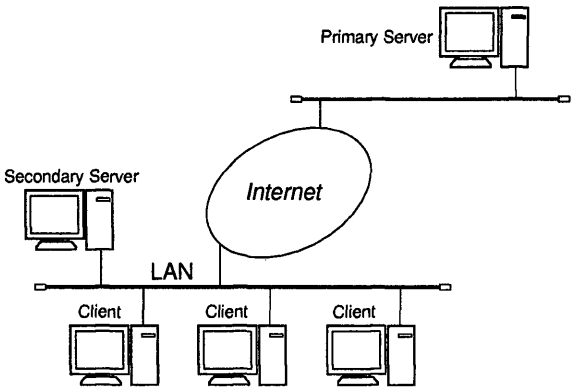

Fig. 1　Installation of the primary and secondary servers.

実際のクライアント-サーバ間の通信時のデータの流れを **Fig. 2** に示す．セカンダリサーバは，運用開始時点ではデータを保持しない．セカンダリサーバは，クライアントからのデータの要求をプライマリサーバに伝え，プライマリサーバから送られてくるデータをクライアントに送り返す．同時にそのデータをセカンダリサーバのディスクにコピー (cache) する．以後，同じデータの要求に対しては，セカンダリサーバはキャッシュされたデータのコピーを送ることによって，通信速度の遅い Internet 経由のデータの送受信を避ける．クライアントは，同種のデータを何度も要求する可能性が高いので，LAN 内にある程度データがキャッシュされていれば，プライマリサーバへのデータ要求は少なくなり，セカンダリサーバの利用効率が上がると考えられる．

サーバとなるプログラムは，BSD UNIX で提供される socket interface を用いる．この socket interface は，多くのオペレーティングシステムで標準的に採用されており，これを用いることでコンピュータ間の差異を吸収することができる．サーバは，`listen` システムコールを用いてネットワーク上のクライアントの要求を監視する．クライアントは `connect` システムコールでサーバへの接続を確

立する．サーバは fork システムコールを呼び出すことによりスレーブプロセスを生成して，以後の処理をスレーブに渡し，次のコネクションを待つ．スレーブプロセスは，データベース中の必要とされるデータを検索したのち，write システムコールで要求されたデータをネットワークに書き出す．

原子核のデータを提供することを目的として設計された核データサーバは，汎用のファイル転送プロトコル FTP とは異なり，主として数値を転送することが中心となる．コンピュータ内部では，実数は浮動小数点で表現され，コンピュータの機種やオペレーティングシステムに依存する．この依存性を避けるには，数値を ASCII 文字列として送るか，Sun Microsystems が提唱する XDR[5] と呼ばれる数値表現方法を用いれば良い．ASCII 文字列での送受信では，浮動小数点の桁数が制限されるが，XDR を利用する方法では数値は Binary で送られるので，有効数字の点で有利である．サーバは，これら 2 種類のデータ転送方法に対応したモードを持つものとして設計される．高速なデータ転送速度が重要となる並列計算では，サーバは Binary でデータを送る．核データライブラリを取得することだけを目的としたクライアントプログラムでは，ASCII モードが用いられる．この概念図を **Fig. 3** に示す．

2.2 クライアント

核データを利用して計算を行なうプログラムはクライアントとなり，計算に必要な核データのみサーバへの要求を行なう．核データライブラリを使用するクライアントは，Fortran 等で記述された既存コードであり，論理機番への入出力によって核データを処理する．クライアントプログラムを，ディスク上のデータを読まずにネットワークへアクセスするように変更することが必要であるが，このような修正は最小限に留めるべきである．従って，このようなシステムを構築するには，クライアントが単純な手続きでネットワークへアクセスするためのライブラリ関数が必要である．本研究では，Fortran から核データサーバを利用可能にするためのライブラリを整備する．また，C で記述されるクライアントに対しても，核データサーバ利用を簡単にするために C 用のライブラリを提供する．

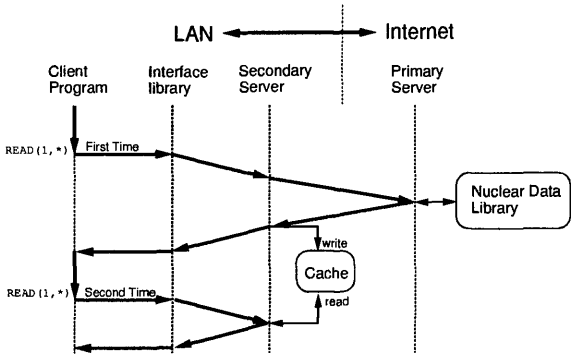

Fig. 2　Flow of the message between a client program and servers.

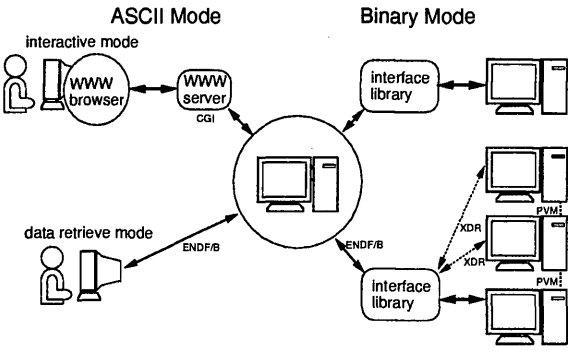

Fig. 3　Data transmission modes, ASCII mode is used for users and Binary mode is for computation.

クライアントプログラムとしては，核データライブラリの必要部分のみを取得するだけのツールも考えられる．クライアントは，利用者が指定する核データのインデックスを取得し，サーバへの要求を行なう．利用者が直接データをサーバから取得する方法と，**Fig. 3** に示されているような，WWW サーバ上でクライアントプログラムを CGI (Common Gateway Interface) から起動し，他のコンピュータ上の Web ブラウザをユーザインターフェイスとしてデータを取得するツールを構築する方法が考えられる．WWW を利用することで，機種依存問題を解決し，汎用性のあるツールにすることができる．

3. システムの動作例

3.1 プロトコル

核データサーバは，プロトコルポートとして 4001 番，サービス名として "ndata" を利用する．核データライブラリは，ENDF/B Format[6] で格納されているものであれば制限はないが，プロトタイプとして作成されたサーバは，JENDL, ENDF, JEF, BROND の 4 種類を対象にしている．クライアントは，必要なデータの原子番号，質量数，データの種類，原子核反応の種類，核データライブラリ名，

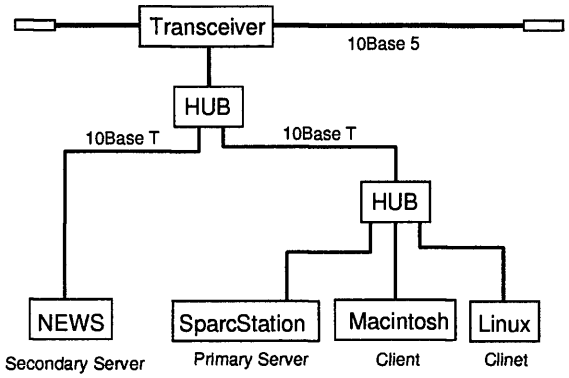

Fig. 4　Physical connection of the clients and servers.

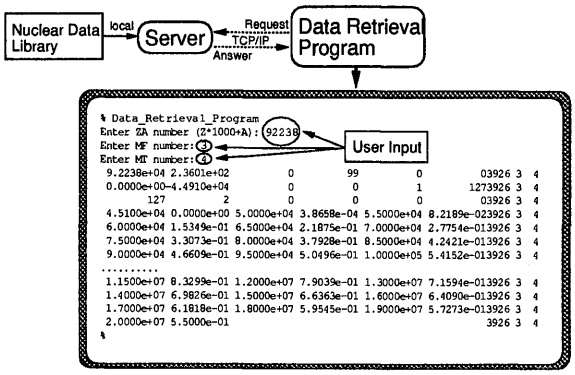

Fig. 5　An example of use of the nuclear data server — a data retrieval program.

データ転送のモードを構造体に代入してサーバに送ることで必要なデータを得る．核データライブラリでは，多数の (中性子エネルギー, 断面積) の組をテーブルにし，内挿方法を指定することで，任意のエネルギーでの断面積を表現している．サーバの動作の特別な場合として，クライアントが中性子エネルギーを与えた場合，サーバがそのエネルギーでの数値を計算してクライアントに返すことも可能である．

これらのプロトコル，及び前章で述べたシステムの基本的な構成に基づいて，サーバ・クライアントとなるプログラムを作成した．作成したプロトタイプは認証機能を持たないため，現状では Internet を介したデータ通信はセキュリティの面で問題があるので，LAN 内での通信のみを行なった．LAN 内に置かれた Sun SparcStation をプライマリサーバに用い，セカンダリサーバは Sony NEWS を用いた．また，クライアントも同 LAN に置いた．この物理的な配置図を **Fig. 4** に示す．サーバプログラムは，UNIX の種類に依存しないように作成し，動作を，NEWS OS (BSD 4.3), Solaris 2.3 (System V R4), Linux の 3 種類で確認した．

3.2　データ取得プログラム

クライアントの単純な例として，核データライブラリに格納された任意のデータを取得するプログラムを作成した．プログラムは，コマンドラインオプションに目的とする核データの質量数・原子番号等を与えることで，核データサーバにリクエストを送る．動作の例を **Fig. 5** に示す．サーバは，リクエストされたデータを検索し，ASCII モードでクライアントに転送する．このプログラムは，核データライブラリの一部だけを取り出して核データのユーザに送ることができるため，ライブラリの配布に利用することができる．ユーザインターフェイスに Web ブラウザを利用して，クライアントプログラムを WWW サーバ上の CGI から起動した例を **Fig. 6** に示す．

このようなクライアント-サーバがどの程度実用的なものとなりうるかを検討するため，実際に核データの転送を行なった．取得するデータとして，ポイントワイズデータに変換された JENDL-3.2 の ^{238}U データを用いた．このデータは 6.7 MB の大きさがあり，ENDF/B Format で保存されている．サーバからクライアントへのデータ転送には，ASCII モードを用いた．

始めに，セカンダリサーバにデータがキャッシュされたものに対して，データ取得に要する時間を測定した．全非弾性散乱断面積データは 2.5 kB あり，これを取得するのに 0.2 秒必要とした．また核

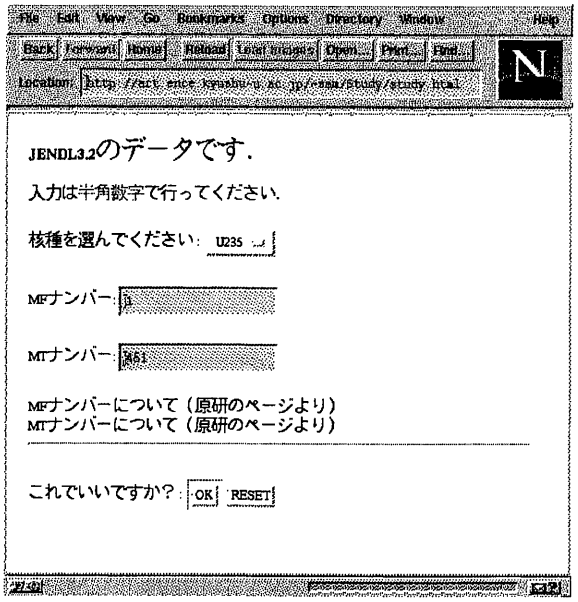

Fig. 6　A nuclear data retrieval program with a Web browser.

分裂反応のデータは 400 kB の大きさがあるが，このデータの場合は 5.4 秒であった．平均的な転送速度は，75 kB/s であった．

この測定時間は，全てのプロセスに要した時間の合計であり，使用するコンピュータの CPU の性能やディスクのアクセス速度に依存するので，ネットワークでのデータの送受信に要した時間を測定したものではないが，このようなシステムが実用的なものとなりうるかどうかの判断の基準とすることができる．ここで得られた平均転送速度から，全データを取得する場合は 90 秒程度必要となるが，核種の全データを同時に必要とする場合は少ない．各反応毎にデータを要求する場合には，数秒以内でデータ転送が行なわれるので，LAN 内で使う限りは実用的であると言える．

次に，セカンダリサーバにはデータが無く，プライマリへのデータ要求を行なう場合についても同様に測定したが，全ての場合で，セカンダリサーバにデータがある場合に要する時間に加えて平均約 80 秒の余分な時間を要した．この時間は，プライマリサーバ-セカンダリサーバ間のデータの送受信に費やされた．この場合は，セカンダリサーバとプライマリサーバが同一 HUB に 10BaseT で Ethernet 接続されているため，データ転送に最も時間を要するのは，ネットワークアクセスではなく，データ検索やディスク上のデータ読み出しに要するプロセスである．プライマリサーバが，実際に LAN 外に置かれた場合は，ネットワークのデータ転送速度の方が問題となる．プライマリサーバが日本原子力研究所核データセンターに置かれた場合は，核データセンターと九州大学春日キャンパス間のデータの転送速度は日中で 2 ～ 3 kB/s なので，6.5 MB のデータ取得には 40 分以上を要することになり，実用上問題である．そのため，データを圧縮しての転送や，大きなデータの分割等が必要である．但し，データ圧縮を行なう場合は，圧縮・伸長に必要なオーバーヘッドがあるので，転送するデータの大きさに応じて処理する必要がある．

3.3 核データ処理プログラム

核データライブラリを利用するプログラムの例として，DDX 計算コード PLDDX[7] を核データサーバで使用する例を示す．PLDDX は，核データライブラリに含まれる断面積データ・角度分布・エネルギー分布から，2 重微分断面積 (DDX) を計算するものである．核データライブラリは，Fortran の READ 文によって読み込まれるが，この部分のみを核データサーバへアクセスする方法に変更する．セカンダリサーバにはデータがキャッシュされているものとして，データ通信はクライアント-セカンダリサーバ間のみとする．

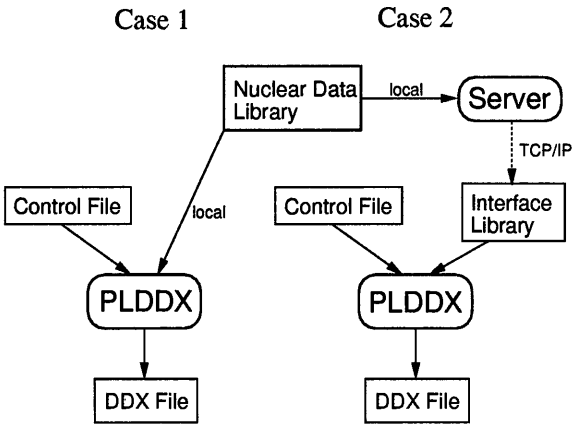

Fig. 7 An example of use of the nuclear data server — A nuclear data process program.

PLDDX では，^{238}U の 2 重微分断面積 (DDX) を，弾性散乱，非弾性散乱，$(n,2n)$ 反応，$(n,3n)$ 反応，核分裂反応を使って計算する．通常のファイルからの読み込みでの計算 (Case 1) と，ネットワークを利用した場合の計算 (Case 2) を行なって，実行速度を比較した．使用した核データライブラリは JENDL-3.2 である．このときのデータの流れを **Fig. 7** に示す．

Case 1 での実行時間は 144 秒程度であったのに対し，Case 2 のネットワークを利用した場合は，23 秒に短縮された．これは，Case 1 の場合は，PLDDX がローカルディスクに置かれた全データライブラリ (6.7 MB) を処理するのに対し，Case 2 では必要なデータのみ (270kB) をネットワークで取得した後それらを処理をするため，データ取得後の処理の効率が上がったためである．不要なデータを省き必要なデータのみをローカルディスクに用意すれば，Case 1 に要する時間は 10 秒以下になる．必要なデータのみを抽出するだけであれば核データサーバを利用しなくてもよいが，サーバを利用することで，必要なデータを自動的に取得できる利点がある．

Case 2 で要した計算時間の内訳は，データの転送に 1.8 秒 (8%)，DDX 計算時間に 8.5 秒 (37%)，その他の時間が 12.7 秒 (55%) であった．その他の時間には，データの検索時間，ファイル識別子の獲得と開放に費やした時間等が含まれる．サーバをさ

らに高速にするにはデータ検索の高速化が不可欠であるが，現状では核データライブラリを ENDF/B Format で記述したものを対象にしているので，そのままのフォーマットでは高速化には限界がある．ENDF/B Format はメインフレームコンピュータでの使用を前提としたフォーマットで，データは固定長レコード形式で格納されている．特定のデータにアクセスするには，そのデータがあるブロックを探し，さらにそのブロックの先頭から順次検索していく必要がある．メインフレームコンピュータの利用が少なくなっている現在，固定長データである必要はないので，新たなフォーマットの提唱が期待される．

セカンダリサーバにデータがキャッシュされていなければプライマリサーバへのデータ要求が起こるので，この場合はクライアント上で実行しているプログラムは Internet を通じてのデータ転送を待たねばならない．しかし，一旦データを LAN に取得すれば，以後は Internet を通じたデータ転送は無くなるので，データ転送速度が問題になるのは，セカンダリサーバとクライアント間のみである．この部分を高速化するために，プライマリサーバから転送されたデータをディスクにキャッシュした時点で，より高速に検索できるフォーマットに変換しておく方法も考えられる．この場合は，核データのインデックスをキーにしたハッシュテーブルを利用することができる．

4. 結　　論

TCP/IP を利用した核データサーバを提案し，そのプロトコルを決定した．サーバとクライアントライブラリのプロトタイプを作成して核データのネットワーク転送を行ない，実際に利用が可能であることを確認した．問題となったのは，Internet を通じてのデータ転送の遅さと，核データライブラリから必要な核データのみを取り出す検索の効率である．このシステムをより実用的なものとするためには，より高速なデータ検索方式の採用，通信時のデータ圧縮，適したフォーマットへの変更などが必要である．

参 考 文 献

1) K. Shibata, T. Nakagawa, T. Asami, T. Fukahori, T. Narita, S. Chiba, M. Mizumoto, A.Hasegawa, Y. Kikuchi, Y. Nakajima, and S. Igarasi, "Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version-3 — JENDL-3 —," JAERI-1312, (1990).

2) S. Leffler, M. McKusick, M. Karels, and J. Quarterman, "The Design and Implementation of the 4.3BSD UNIX Operating System," Addison-Wesley, Reading, Massachusetts (1989).

3) D. E. Comer, D. L. Stevens, "Internetworking With TCP/IP," Prentice-Hall, Inc. (1993).

4) Sun Microsystems Inc., RFC1094.

5) Sun Microsystems Inc., RFC1014.

6) P. F. Rose and C. L. Danford, "Data Formats and Procedures for the Evaluated Nuclear Data File ENDF-6," BNL-NCS-44945 Informal Report (1990).

7) T. Fukahori, S. Chiba, and T. Asami, JAERI-M 92-053, 201 (1992).