

カプセル化技術を利用したデジタルテストシステム

加賀美 千春^{*}, 森賀 邦広^{*}, 石打智美^{**}, 永津昭人^{**}
^{*}NTTサイバースペース研究所, ^{**}NTTサイバーソリューション研究所

PC上での試験はITベンダー認定試験を始め,既にいくつか実施されている。これらの試験は特定の会場において,問題ごとにサーバにアクセスする形式をとるものが多く,受験者の一斉アクセスに耐え得るシステムを必要とする。今後,画像やテキストだけでなく音声や動画などを含む大容量の試験を扱うことができ,また任意の場所において模擬試験等を実施できるようにするために,サーバによる中央集約的な管理だけでなく,スタンドアロンの状態で管理された試験を可能にする仕組みが必要であると考えられる。本稿では,カプセル化技術を利用して,デジタル化された試験問題の保護および試験実施を監視する仕組みを備えたデジタルテストシステムを提案する。

Digital Testing System using an Autonomous Capsule

Chiharu Kagami^{*}, Kunihiro Moriga^{*}, Tomomi Ishiuchi^{**}, Akihito Nagatsu^{**}
^{*}NTT Cyber Space Laboratories, ^{**}NTT Cyber Solution Laboratories

Computer-based tests such as Vendor-specific certifications have been offered at limited places. Most of those testing systems are based upon the central server that has to be robust enough to endure simultaneous accesses that are occurred when the examinees answer each question. In the years ahead, it can be foreseen that the test contents will be more various including not only texts and static images but also animations and sounds, which is beyond the transmission capacity, and the tests such as mock exams in any place will be in demand. To enable the superintended tests with various contents in any place, we think the unit which functions autonomously on a standalone basis is needed as well as the server centered system. In this paper, we will describe the Digital Testing System that makes it possible to protect and superintend the test contents which are encapsulated into the unit on a standalone basis.

1. はじめに

今日,専門知識・技術の分化・増加や実力主義の時代の趨勢に伴い,非常に多くの種類の資格試験,認定試験,実力試験が実施され,その受験者数も増加の一途をたどっている。とりわけ,IT系の試験のように技術の発展が著しく,職業上必要となる資格や認定の取得を目指す試験については,受験者が学習した時点で受験でき,試験結果も早く通知されることが望まれている。しかしながら,現状の多くの試験は紙と鉛筆による試験(筆記試験)であり,試験問題作成のために時間とコストがかかること,問題・答案用紙の発送・回収などの物流コストが生じること,現状の試験事務処理フローでは手作業が介在する部分があるなどの理由により,実施回数は年2,3回程度にとど

まることが多く,受験者への利便性向上を図る上でのネックとなっている。

このような問題点の解決方法として,受験者がコンピュータを用いて試験を受けるデジタルテスト¹が脚光を浴びつつある[1]。既に米国では,ITベンダー認定試験(ノベル,マイクロソフトなど),プロフェッショナル資格試験(医師試験,看護婦試験など),学力試験(GRE, GMAT, TOEFL など)がデジタルテストとなってお

¹ 米国では CBT (Computer-Based Testing) と呼ぶことが多い。日本ではコンピュータ試験,オンライン試験などの用語が使われるが定着した用語はない。日本では CBT という用語は Computer-Based Training を指すケースが多いため,本稿では筆者らが提案する用語「デジタルテスト」を使用することとする。

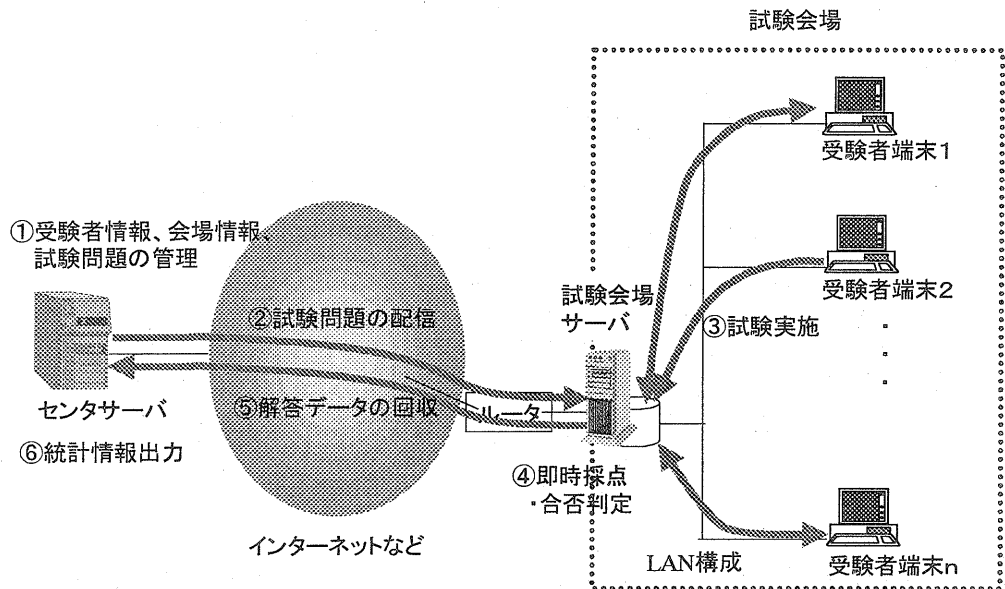


図1 デジタルテストシステムの構成

り、年間を通じて好きな時に最寄りの試験会場で受験できる、合否判定が即時に行なわれるなど、受験者の利便性向上に役立っており、広く利用されている。日本では、現時点では上記 IT ベンダー試験の他にパソコン検定試験がコンピュータで実施されているだけであるが、受験者への利便性向上、試験実施業務の平滑化、迅速化、コスト削減などの理由により、日本でもデジタルテストは浸透していくと考えられる。

本稿では、まずデジタルテストの概要および要求条件を検討し、特に大容量コンテンツの場合など、試験実施のためのソフトウェアや試験コンテンツを受験者端末側に置く場合に有効となるカプセル化技術を紹介し、それを適用したシステムについて実施例を述べる。

2. デジタルテストについて

デジタルテストのシステム構成を図1に示す。現状では、試験会場での受験以外に受験者のなりすましやカンニングなどの不正行為を防ぐ方法は簡単ではないために、受験者は試験会場の受験者端末において試験を受けることとなる。ただし、試験問題の配送、試験実施、解答データの回収などの処理は全てコンピュータとコンピュ

ータネットワークを用いて実現されることとなる。この場合、筆記試験と同様またはそれ以上のセキュリティ保持(試験実施前に試験問題が漏洩しないこと、試験後に試験問題や解答データが漏洩しないこと、また解答データについては改竄されないこと)が必須である²。また、試験実施中の不正行為(アプリケーションの実行、他のファイルの参照など)や受験者端末に対するいたづらも防止する必要がある。通常の Web ベースの研修システムではこうした資格試験、認定試験に必要なセキュリティが確保されない。例えば、ブラウザのサイズは可変であるため、アプリケーションを起動したり、他のファイルを参照することができる。また、ブラウザのキャッシュに試験問題のコンテンツが残るため、試験問題の漏洩につながるという問題点がある。デジタルテストでは、このような問題点を解決する必要がある。

デジタルテストのシステムは、大きくセンターサーバと試験会場(会場サーバと受験者端末)から構成される。センターサーバは、①試験問題

² 後述するように試験問題をデータベース(アイテムバンク)に蓄積しておき、繰り返し利用する場合には、試験問題や正答は非公開とするため、試験実施後の漏洩も防ぐ必要がある。

や受験者情報、試験会場情報を一元管理するサーバである。試験問題はアイテムバンクと呼ばれる大規模なデータベース上で蓄積・管理される。通年実施などのように試験の実施回数を増やすためには、アイテムバンクからテストに出題する試験問題をランダムに選択したり、受験者の能力に応じた試験問題の出題(アダプティブ出題)として、受験者に対して常に異なる試験を提供する必要がある。②試験問題は、試験実施前にセンタサーバからインターネットなどのコンピュータネットワークを介して試験会場の会場サーバへ配送される。試験問題の漏洩を防ぐため、試験問題の暗号化が必須である。会場サーバは試験実施のための一時的なサーバであり、通常は試験問題などに関する情報は一切保存していない。③試験は、試験会場内のLANを使用してサーバ(会場サーバ)クライアント(受験者端末)型で実施される。

試験実施には以下の機能が必要となる。

会場サーバと受験者端末との通信においても、試験問題や受験者の解答データは暗号化して通信する必要がある。また、受験者端末側では Web ブラウザのキャッシュを使用せずに会場サーバと通信する必要がある。

また、受験者がアプリケーションを起動したり、別ファイルを参照して解答のためのデータを得たり、受験者端末にいたずらするのを防ぐために、試験画面はスクリーン全体に広がり、他のアプリケーションの起動や操作を不可能にする必要がある。

なお、試験実施中には、試験監督官を支援する機能(受験者情報の参照など)も必要となる。④試験終了後に会場サーバ側で即時採点・合否判定を行い、受験者に情報をフィードバックすることも必要である。

⑤受験者の解答データは会場サーバからセンタサーバへ回収される。この場合も解答データの漏洩・改竄を防ぐために暗号化が必要である。また、解答データ回収後は受験者情報、試験問題、解答データなど、試験に係わる一切のデータを消去する必要がある。専用会場でなく、学校や研修センタなど多目的に使用される会場の場合には、セキュリティ保持のため特に必要となる。

⑥回収された解答データをもとにセンタサーバでは試験主催者が必要とするさまざまな統計情報を出力し、利用可能とする。

以上、サーバクライアント型のデジタルテストの実施形態について述べてきた。しかしながら、試験会場は学校、研修センタ、パソコン

クールなど多種多様な施設を使用する可能性があり、常に高速な LAN 環境が利用可能とは限らないこと、試験の中には非常に大容量なコンテンツを必要とし、受験者端末が多い場合には LAN での通信がボトルネックになる可能性があるため、クライアント側での試験実施形態が必要となる場合がある³。その場合には、試験問題や解答データに対するセキュリティ保持は非常に重要な技術的課題となる。すなわち、受験者端末において、試験問題や解答データは試験時間内だけアクセスできること、試験開始前や終了後はアクセスできないこと、試験問題や解答データを他の端末などに不正にコピーして持ち出せないこと、試験終了後には、試験問題は自動的に消去されること、解答データについても会場サーバに回収後に自動消去されることが必須である。

次節では、このような試験実施に係わる制約条件を可能とする方法として、コンテンツのカプセル化技術を用いた試験の保護方法について説明する。

3. カプセル化技術による試験の保護

3.1. カプセル化技術について

デジタルテストにおける試験問題はデジタルコンテンツとみなせる。デジタルコンテンツは保存時の劣化がなく、複製、加工、データ受け渡しなどの操作性に優れている。その反面、操作性の良さのため、利用者が意識的にまたは無意識にコンテンツ提供者の利益を害する不正利用を引き起こす要因になっている。こうした不正利用を可能な限り防止する技術としてカプセル化技術がある。

カプセル化技術は、コンテンツデータとコンテンツ自身を処理する処理プログラム、利用条件や履歴情報などの制御情報をまとめて分解できないように一つのファイルとし(カプセル化コンテンツ)、必ず内包されたプログラムの制御のもとでそのコンテンツを利用させるものである。こうしたカプセル化技術によるコンテンツ管理の手法は様々な実装方式が研究されている。[2][3][4]

ここではデジタル化された試験問題および必要なプログラムと共にカプセル化する技術として

³ 例えば、語学試験ではヒアリングのための音声データを含むため、試験コンテンツの容量は大きくなる。また、シミュレーションなどの試験形態では、試験実施時にコンピュータパワーを必要とするため、クライアント側で試験実施の方が都合のよいケースもあり得る。

て Matryoshka (マトリョーシカ) [5]を用いた。次に Matryoshka の仕組みについて述べる。

3.2. Matryoshka の仕組み

Matryoshka はコンテンツが流通後も永続的に不正利用を防止するためにコンテンツ自身が自律管理を行うもので、以下に示すデータの一つにカプセル化している。

- ① コンテンツデータ: 符号化されたコンテンツ
- ② コンテンツメタ情報: 著作権情報やコンテンツの検索に使われる検索キーなどの属性情報
- ③ コンテンツ表現情報: コンテンツのフォーマット情報, プレーヤの指定, シナリオなど, コンテンツを表現するための情報
- ④ コンテンツ表現プログラム: 暗号復号機能のようなデータ解析手段, プレーヤなど, コンテンツデータを直接処理するプログラム
- ⑤ コンテンツ管理情報: 利用条件や利用状況を管理するための履歴情報など, コンテンツを管理するために必要な情報
- ⑥ コンテンツ管理プログラム: コンテンツ管理情報の更新, 利用条件の判断など, コンテンツの利用や状態を監視, 制御するプログラム
- ⑦ コンテンツ制御情報: カプセル化コンテンツ内部における処理手順

カプセル化コンテンツは OLE 複合ファイルによって実現している。OLE 複合ファイルはファイル内にファイルシステムを構成しており、そこに符号化されたコンテンツ, 処理手順, 利用属性に基づく利用条件, 履歴情報, 著作権情報, プログラムなど前述した各種情報や制御機構をそれぞれストリーム(ファイルに相当)として格納する。内包される各プログラムは COM コントロールとして作る。構成イメージを図2に示す。

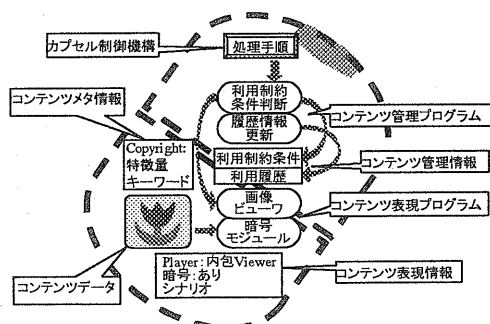


図2. カプセル化コンテンツの構造

Matryoshka によるカプセル化コンテンツは Matryoshka 参照プログラムによって開かれる。Matryoshka 参照プログラムは、まず各ストリームの改竄チェックを行う。そしてコンテンツ制御情報を解析しその処理手順に基づき、内包されたコンテンツ管理プログラムやコンテンツ表現プログラムを実行していく。Matryoshka 参照プログラムは基本的にコンテンツ管理情報やコンテンツ表現情報、コンテンツデータの内容については関知せず、それを必要とする各プログラムに処理を委ねている。Matryoshka ではこのようにアクセス管理からコンテンツ表示までを内包プログラムに任せることでコンテンツ自身の自律管理を実現している。コンテンツ管理情報/プログラムを入れかえるなどして多様なコンテンツ管理も可能となる。

3.3. Matryoshka によるデジタルテストティング

2章で述べたようにクライアント端末側での試験実施形態では試験問題や解答データのセキュリティが重要になるが、コンテンツの暗号化, 所定条件内での問題へのアクセス許可, 試験終了後の試験問題の削除といった機能は Matryoshka を利用することで実現できる。

試験問題のカプセル化作業はカプセル化コンテンツ作成ツールによって行う。これは、素材コンテンツ(静止画, 音声, テキスト, 動画)をページに貼り付けていく GUI を持ち、複数の素材コンテンツを使って複数のページを持ったカプセル化コンテンツを作成することができる。

デジタルテストティングでは試験監督官を支援する機能(試験開始前の受験者登録や受験状況管理, 解答データの回収等)が必要である。そのためにカプセル化された試験問題から受験者情報や解答データを試験会場サーバに送信, または受験結果の受信機能が必要となる。これらの機能は Matryoshka 参照プログラムに組み込むのではなくコンテンツを持たない表現プログラムとして部品化し, コンテンツと同様に作成ツールで必要な場所に貼り付けられるように実現している。(例えば受験者が開く最初のページには受験者登録の部品をページに貼り付ける)

受験者管理や解答データの扱いは試験主催者や試験実施環境によって異なる可能性があるが, Matryoshka はコンテンツ処理に関わるほとんどの部分を部品化しカプセルに内包することが出来るので, 試験主催者ごとに多様な表現やコンテンツ管理に変更するといった柔軟なデジタルテストティングシステムを構築することが出来る。またデジタルテストティングの様式が試験主催者によ

って異なる場合においても動作環境では Matryoshka 参照プログラムを用意するだけで済むといったメリットがある。

4. Matryoshka を利用したデジタルテストの実施例

4.1. 概要

Matryoshka を利用したデジタルテストの実施例の概要を図3に示す。全体の流れは、まず試験センタ側で試験問題がカプセル化され(以下これをカプセル化試験問題と呼ぶ)、センタサーバからネットワークを介して全国の試験会場サーバに配信される。試験会場サーバでは受信したカプセル化試験問題に対して各試験会場の情報を設定し、各受験者端末に配り試験を実施する。この実施例では試験会場サーバが受験者登録や解答データの回収のために CGI を用いる。

4.2. 試験問題のカプセル化

試験問題作成者は、カプセル化コンテンツ作成ツールを用いて、試験問題の編集、シナリオ、制限時間、アクセス制限等の利用制約の設定を行い試験問題をカプセル化する。作成ツールはカプセル化したものを再編集することが出来るが、

編集者を限定するためにパスワードによる認証を行っている。これにより作成中や配信後の漏洩や改竄等の不正利用に備える。

4.3. 試験会場での準備

カプセル化試験問題はセンタサーバから試験会場に設置されたサーバ(試験会場サーバ)に配信される。試験会場は全国に複数あり、それらに同じものが配信されることになる。

試験監督官は受験者と同じカプセル化コンテンツ参照プログラムを用いてカプセル化試験問題を開く。この時、カプセル化の時に設定したパスワードが必要になる。パスワードが認証されると試験実施に必要な情報(会場コード、受験者認証 CGI の URL、解答データ受信 CGI の URL など)の入力を求められる。この作業が終了すると各試験会場のカプセル化試験問題は該当する会場内(同じセグメント内)でしか利用できないように設定される。このように試験実施会場を限定した後、カプセル化試験問題が各受験者端末上に配られる。

4.4. 試験の実施

カプセル化試験問題が受験者端末で開かれるときは、受験者登録の入力が求められる。これは Matryoshka が自律管理を行っており、1度目と 2

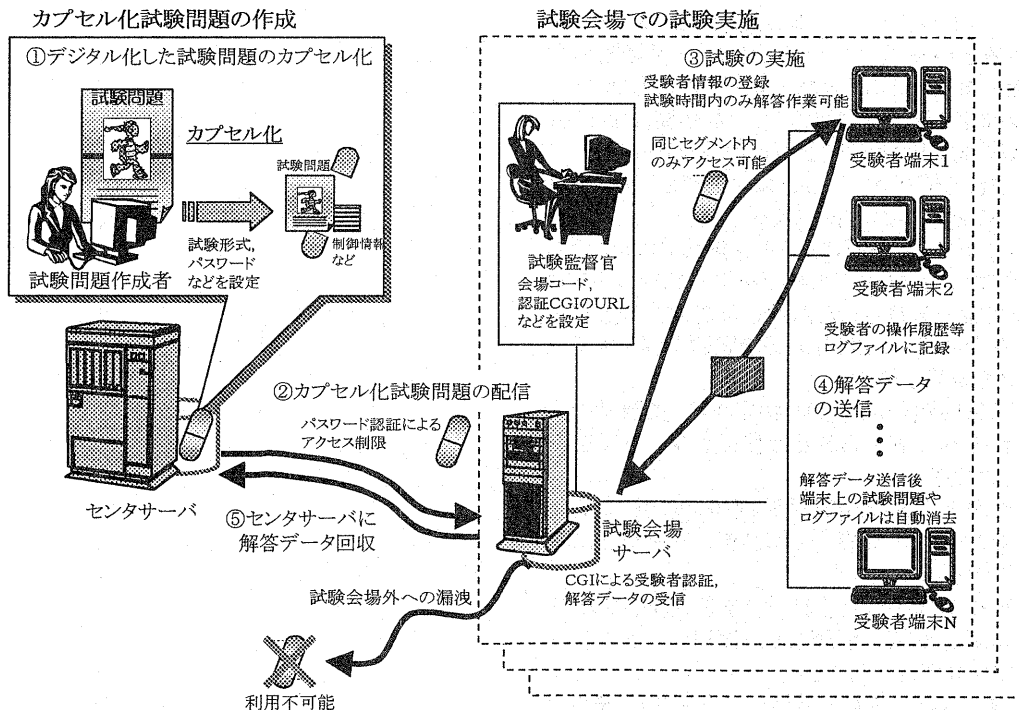


図3. Matryoshka を利用したデジタルテストの実施例

度目のアクセスに対し処理手順を変えているからである。受験者は受験者登録画面において受験者氏名、認証コードを入力する。カプセルは、試験監督官が設定した試験会場サーバの受験者認証 CGI の URL に接続し、これらの情報について認証作業を行う。認証されると、指定ページへ遷移する。

受験者により試験スタートボタンがクリックされると、カプセルは時間監視を始め、シナリオに従って試験問題を表示・再生し、同時に受験者は回答作業を許可される。実施中、受験者の操作履歴はタイムスタンプとともに暗号化したログファイルに残される。試験実施中、システムダウンや強制終了などの事態が発生した場合、ログファイルから可能な限り、中断時の状況に復元する。

4.5. 解答データの回収

試験の制限時間が経過すると受験者の回答作業は不可能となり、カプセルは試験監督官が設定した解答データ受信 CGI の URL に接続し解答データを送信する。送信に成功したことを確認後、カプセル化済み試験問題やログファイルは消去される。

5. まとめ

デジタルテストは、従来のペーパー試験主催者が負担するコストを削減し、受験者の利便性を向上させる。その一方で、デジタル化することによる課題を解決することが必要になる。特に試験問題という性格上、如何なる過程においても含まれる情報すべてについて漏洩、改竄を阻止することが重要になってくる。

本稿では、サーバによる中央集約的なシステムだけでなく、カプセル化技術を用いてスタンドアロンの状態で管理された試験を可能にする仕組みの必要性を示し、以下のような課題を解決するシステムを提案した。

- 試験問題作成者、試験監督官、受験者のそれぞれに許可される操作を監視し不正を防止すること。
- 受験者端末上で試験時間等を監視し、受験者の回答作業履歴、解答データを安全に保持すること。
- 試験が終了し解答データを送信後、受験者端末上の試験問題などの関連データをすべて自動消去すること。

試験を実施する際、受験者のなりすましやカンニングなどの不正行為の問題があるが、現状では特定の試験会場を利用することで防ぐこととした。

今後は、模擬試験などの受験者のニーズに応じた不特定の場所(家庭など)における管理された試験実施にも応用していきたいと考えている。

参考文献

- [1] 池田央:アセスメント技術からみたテスト法の過去と未来, 日本教育工学会論文誌/日本教育工学雑誌 24 (1), 3-13 (200).
- [2] 田中克巳, “マルチメディアコンテンツのアクセスアーキテクチャ”, ADBS '97, 1997
- [3] 谷口他, “マルチメディア情報ベースとその格納単位 Matryoshka”, DICOMO '99 シンポジウム論文集, pp. 207-212, 1999
- [4] 木俣他, “著作権管理のための Java による画像データカプセル化”, 情処研報,97-DBS-111, 1997
- [5] 加賀美他, “コンテンツ流通における自律管理を目的としたカプセル化コンテンツ Matryoshka”, 情処研報, 99-EIP-3, 1999