

必携 PC での活用を想定したアプリケーション仮想化システムの実用性検証

林 豊洋¹⁾, 戸田 哲也¹⁾²⁾, 富重 秀樹¹⁾²⁾, 畑瀬 卓司¹⁾²⁾,
真田 実⁴⁾, 甲斐 郷子¹⁾, 久代 紀之¹⁾³⁾

1) 九州工業大学 情報科学センター

2) 九州工業大学 飯塚キャンパス技術部

3) 九州工業大学大学院 情報工学研究院

4) パナソニックインフォメーションシステムズ株式会社

toyohiro@isc.kyutech.ac.jp

Practicality verification of An application virtualization platform assuming use of BYOD environment

Toyohiro Hayashi¹⁾, Tetsuya Toda¹⁾²⁾, Hideki Tomishige¹⁾²⁾, Takuji Hatase¹⁾²⁾,
Makoto Sanada⁴⁾, Kyoko Kai¹⁾, Noriyuki Kushiro¹⁾³⁾

1) Information Science Center, Kyushu Institute of Technology

2) Iizuka Campus Technical Support Office, Kyushu Institute of Technology

3) Faculty of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

4) Panasonic Information Systems Co.,Ltd.

概要

九州工業大学では、情報系科目に限らない ICT を活用した教育の高度化や、学生の ICT 利活用能力自体の向上を目的として、2019 年度より学生の PC 必携化 (BYOD) が開始された。同時期となる 2019 年度に、本学情報科学センターが有する情報工学教育研究用コンピュータシステム (教育システム) が更新され、PC 必携化の支援を主眼とするシステム構成へ転換された。教育システムの構成の一つとして、「アプリケーション仮想化システム」が導入された。これは、Windows アプリケーションの実行に必要なファイル・デバイスドライバ・レジストリ情報等をパッケージ化 (仮想化) し、ネットワーク経由で PC に配信することにより、Windows アプリケーションがインストールされた状態が構成できるシステムである。配信対象毎に、配信方法、利用者への権限付与、利用期限など、PC 必携化との親和性が高い設定が可能であり、ソフトウェアを用いる科目での活用が期待される。

我々は、主に教育研究での利用を想定した 30 種類のソフトウェアを仮想化し、ノート型 PC (有線 LAN および WiFi (IEEE802.11ac)) において、配信に要する時間や起動の可否、起動後の動作確認等を行った。確認の結果、25 種類のソフトウェアが前述の事項の観点においてノート型 PC での利用が可能であると判断でき、導入されたアプリケーション仮想化システムの実用性が定量的に示された。

1 九州工業大学におけるノートパソコン必携化

個人所有の情報機器を持ち込み、業務に利用する BYOD (Bring Your Own Device) は、大学での授業での利用にも適用され、国立系大学においてもノート型 PC を用いた BYOD の導入事例が報告されている [2]。

九州工業大学においては、情報工学教育研究用コンピュータシステム (以降教育システムとも称する) が有する PC 端末 (ネットブート PC)、学部や学科システムが有する端末計算機を用いて授業が実施されてい

た。工業系の単科大学である本学においては、情報基礎科目等に対してノート型 PC の性能は不足があるという考えがあり、BYOD の導入は長年見送られていた。しかし、この状況は 2016 年度あたりを境に転換期を迎えた。2018 年度に九州工業大学生生活協同組合が学生向けに販売したノート型 PC は、2014 年度に運用を開始した教育システムで導入された PC 端末 (デスクトップ PC) と同等以上の性能を有しており [4]、満充電であれば一日の授業に耐えうるバッテリーが搭載されている。本学の学生の大半がノート型 PC を所持し、学内で使用している状況にある。学内の情報インフラや利用者向けサービスに関しては、無線 LAN

アクセスポイントを多数配置し、本学の建屋内の殆どの場所で学内ネットワークに接続できる環境の整備 [3] や、LMS や履修申告のオンライン化に対する整備、電子メールやオンラインストレージの学外クラウド化などを推進してきた (1.1 節に詳細を示す)。

このように、ノート型 PC の性能、学生の所持率、学内の情報システムの整備状況が高い水準となり、本学において PC 必携化の実現性が検討され (2016 年度)、情報工学部新生生に対する試行 (2018 年度) を経て、2019 年度からの全ての新生生に対する必携化が決定した [5][6]。

1.1 情報インフラ、サービス、ソフトウェアライセンスの整備

必携 PC を用いた教育を円滑に実施するためには、**1. ネットワーク接続等の情報インフラ**、**2. 教育向けのサービス**、**3. 授業で利用されるソフトウェアの包括ライセンス等の整備**が求められる。本学におけるこれらの整備状況を示す。

1. ネットワーク接続等の情報インフラ キャンパス間及びキャンパス内の高速ネットワークを敷設しており、飯塚 - 戸畑キャンパス間は 40Gbps、その他の主な拠点間は 10Gbps で接続されている。また、キャンパス内の無線 LAN については、ほぼ全ての講義室で無線 LAN (IEEE802.11ac あるいは IEEE802.11ax) が利用可能である。無線 AP の数は 2019 年 9 月時点において約 470 台が配置されている。無線 LAN でのネットワーク接続サービスは情報コンセントサービスとして提供され、学生は付与されたアカウントを用いて (IEEE802.1X 認証)、自身のノート型 PC を学内ネットワークに接続できる。
2. 教育向けのネットワークサービス 教育・研究向けの多くのサービスは Web アプリケーション化を進め、一般的な WWW ブラウザを用いてサービスが利用できる。学生が主に利用するサービスとして、学習支援サービス (LMS, Moodle)、教務情報システム (履修申告等, LiveCampus)、学修自己評価システム、電子メールサービスおよびオンラインストレージサービス (Office365)、情報科学センターオンラインガイド (オンラインマニュアル) 等を整備している。
3. ソフトウェアの包括ライセンス等の整備 授業や演習での利用が高く見込まれるソフトウェア

については包括契約し、一定の条件^{*1}の下で学生自身のノート型 PC での利用が可能である。主要なソフトウェアとして、Microsoft 製品 (Windows, Office)、アンチウイルス製品、MATLAB, Mathematica 等がある。

2 情報工学教育研究用コンピュータシステムとの連携

情報工学教育研究用コンピュータシステム (教育システム) は、本学情報科学センターが運用する、情報処理教育を支援することを目的としたシステムである。情報科学センターの発足以来、システムは 4-5 年おきに更新され、システムはホスト計算機ベース、UNIX ベース、ディスクレス PC 端末ベースと、時代に先駆けた設計方針が採用されることが特徴であるが、基本的には教室端末を利用した環境の提供が主体であった。

前述の通り本学においても PC 必携化が導入され、また、教育システムの更新スケジュール (2017 年度～2018 年度に仕様策定、構築) がノートパソコン必携化 (2018 年度試行, 2019 年度開始) と重なることとなった。したがって、新システムの仕様策定においては、教育システムが提供すべきサービスの方向性が議論され、これまでの利用者環境端末の提供から、ノートパソコン必携化の支援を想定し、高性能・高可用性を持ったオンラインサービスやアプリケーションの提供が可能なシステムへ転換を図ることとなった [1]。

具体的には、以下の要件

- ノートパソコン必携化の支援を想定したサービスやサーバ機器の導入
- 機材・機能の集約化や共用機材を活用したコスト削減
- パブリッククラウド等を活用した可用性向上・機能向上

を満たすシステムが設計された (図 1)。

3 アプリケーション仮想化システム

授業等において、指定されたアプリケーションを用いた演習形式が採用される状況がある。本学で用いられるアプリケーションの例として、プログラミング言語処理系、CAD、科学技術計算ソフトウェア等がある。これらのアプリケーションを提供する環境の整備

^{*1} ソフトウェアによって同時起動数、インストール可能な本数、学外からの利用可否等が異なる

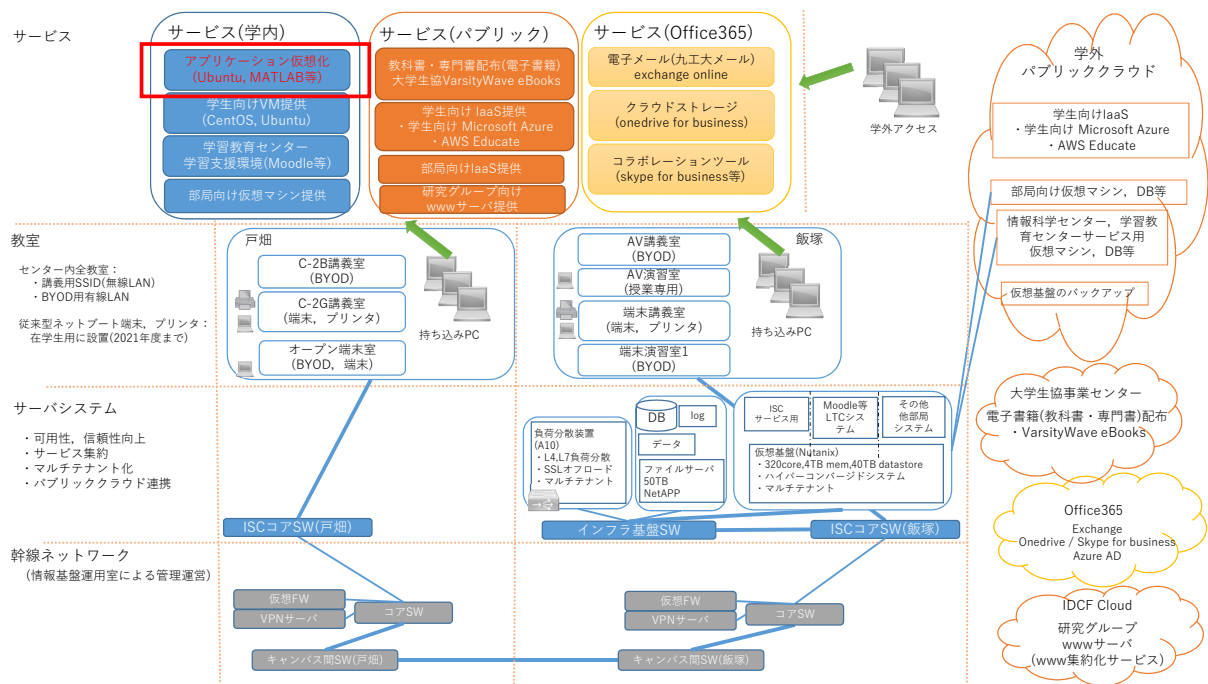


図1 情報工学教育研究用コンピュータシステム (2019 年度導入) 構成図

方法としては、従来では

1. 教室端末の OS イメージにアプリケーションをインストールする
2. アプリケーションがインストールされた VDI 環境を構築する
3. アプリケーションインストーラと必要なファイル (ライセンスファイル等) を学生に配布し、学生の PC で利用可能とする

等が採用されてきた。いずれも演習が可能となるが、運用において問題点が存在する。1. においては、OS イメージの作り込みと動作検証が必要となること、教室端末に利用範囲が限定化されることが問題となる。2. においては、様々なリモート端末からの利用が可能となるが、VDI 環境の運用は一般的に高コストとなること、ソフトウェアライセンスが適用可能であるか検討を要すること、計算リソースが遠隔の計算機となり、教室端末や学生の PC の性能が活用し辛いことが問題となる。3. においては、インストーラやライセンスファイルの持ち出しが生じること、アクセス制限が困難となること、ライセンスの棚卸しが困難 (卒業後のアンインストールが保証されない等) であることが問題となる。

教育システムでは、上記の問題点を解消する運用方法の一つとして「アプリケーション仮想化システム」

を採用した。

3.1 アプリケーション仮想化システムの概念

アプリケーション仮想化とは、アプリケーションの動作に必要なファイル、デバイスドライバ、環境変数、レジストリ情報等をまとめ (パッケージ化、カプセル化等と呼ばれる)、利用者環境 (教室端末や PC 等) に配信することにより、アプリケーションが実行可能な状態を構成する方式である。

実装であるアプリケーション仮想化システムの構成 (本稿では、Windows OS におけるアプリケーション仮想化を例とする) は、おおよそ以下の通りである。

1. パッケージソフト アプリケーションの実行に要する操作である、インストーラの実行、ファイルの配置、レジストリ情報等の変更等を検知し、それらをパッケージ化する。
2. ポータルサーバ、配信サーバ パッケージ化したアプリケーションを利用者にネットワーク配信する機能を提供する。パッケージに対して、利用条件 (同時起動数、利用期限等) や利用権限 (ユーザやグループ) を設定し、アプリケーションの実行制御を行う。加えて、アプリケーションの配信方法 (実行に応じたストリーミング、予め全データをダウンロード) の制御機能を有する製品も存在する。
3. エージェント 利用者環境にインストールされ、配

信サーバと連携しアプリケーションの実行に関する制御を行う。また、実行時にファイルシステムやレジストリを操作し、OS にアプリケーションが直接インストールされた状態に振る舞う。

アプリケーションの仮想化システムを導入することにより、利用者の端末で直接アプリケーションの実行が可能となること (OS イメージの作り込みや VDI 環境が不要)、アクセス制限やライセンス管理が保証されること (インストーラの配布等が不要) から、前節での問題点の解消が期待される。また、「利用者の端末で直接アプリケーションの実行」という形態は BYOD による教育との親和性が極めて高く、BYOD の支援の有効なサービスとなる。

なお、アプリケーション仮想化システム自体は、2000 年代初頭には製品が存在し、本学においても 2009～2013 年度に運用された当時の教育システムにおいて導入され、CAD ソフト等の教室端末への配信に利用された [8]。しかし、当時のアプリケーション仮想化システムは、インストールドライブが固定 (C ドライブにインストール不可)、一部デバイスドライバのインストールに対応しない等のインストール方法に関する厳しい制約や、メモリの消費量が大きく端末計算機への負荷が大きい等の要因により、本学においては活用可能な範囲が限定的であった。

3.2 本学が導入したシステム : Numecent Cloudpaging の特徴

2019 年度に運用を開始した教育システムでは、BYOD を支援するアプリケーション仮想化の実装として、Numecent 社 Cloudpaging[7] を導入した。システムの構成を図 3 に示す。

一般的なアプリケーション仮想化システムに準ずる構成であるが、アプリケーションのパッケージ化手法を工夫し、パッケージ化の成功率向上に重点を置いたことが特徴である。Cloudpaging のアプリケーションパッケージ (AppSet) は、低水準のデバイスドライバを含めたパッケージ化、ファイル配置時の既存ファイルとの置き換え制御 (既存ファイルと配信されたファイルのどちらを優先とするか、Layer と称される)、AppSet からのローカル側のプログラムへのアクセス権制御 (Windows Defender の設定変更を要するソフトウェア等で必須) 等が実現されている。この機構により、従来では困難であった特殊なデバイスドライバのインストールを要するソフトウェアや、Microsoft Office 製品 (インストールにより OS レベルの変更を

伴う) の仮想化に対応している。

また、AppSet の利用可能数や配信方式等の利用条件の定義 (メタライセンス)、特定のグループや計算機等が指定できる利用権限の定義 (Principal) が充実しており、アプリケーションに対するアクセス制限やライセンス管理が詳細に行えることも特徴である。メタライセンス、Principal にて設定可能な主なパラメータを図 4 に示す。

3.2.1 アプリケーション仮想化までの作業手順

Cloudpaging を用いたアプリケーションの仮想化に関する手順は以下となる。

1. パッケージソフト (Cloudpaging Studio) を用いて、アプリケーションの実行に要するファイル・OS の構成変更情報等をまとめ、AppSet を作成
2. AppSet をレジストリにアップロード処理し、配信サーバからアクセス可能とする
3. 配信サーバにて、AppSet の利用条件 (メタライセンス) を定義し、AppSet と関連付ける
4. ポータルサーバにて、AppSet+ メタライセンスの利用権限 (Principal) を定義し関連付ける

仮想化に関する作業において、最も複雑な手順は 1. の AppSet 作成に関する処理となる。一点目は、AppSet を作成する環境自体の構築にノウハウを要することである。AppSet の作成時には、アプリケーションのインストーラを起動し、通常のインストール作業と同等の処理を行うため、ベアメタル PC や、リソースが潤沢な仮想マシンを用いる必要がある。本学においては、インストールするアプリケーションに応じて、ベアメタル PC と仮想マシンを使い分けている。

AppSet の作成には、パッケージソフトがアプリケーションの実行に要すると判断した情報を記録するため、予め、Windows 上の常駐サービスを停止させる等の準備が必要となることである。本学においては、推奨される処理をバッチファイル化し、作成環境を構築している。

AppSet 作成後は、仮想化対象となるアプリケーションのアンインストールではなく、作成環境構築時の状態に復元させることが望ましい。本学においては、環境復元ツール (ベアメタル PC) や、OS のスナップショット機能 (仮想マシン) を用いている。

二点目は、AppSet の作成にノウハウが伴うことである。インストール処理が終了した後もパッケージソフトが終了を検知しない場合や、必要なファイルや環境変数の定義が不足している場合は仮想化に失敗する

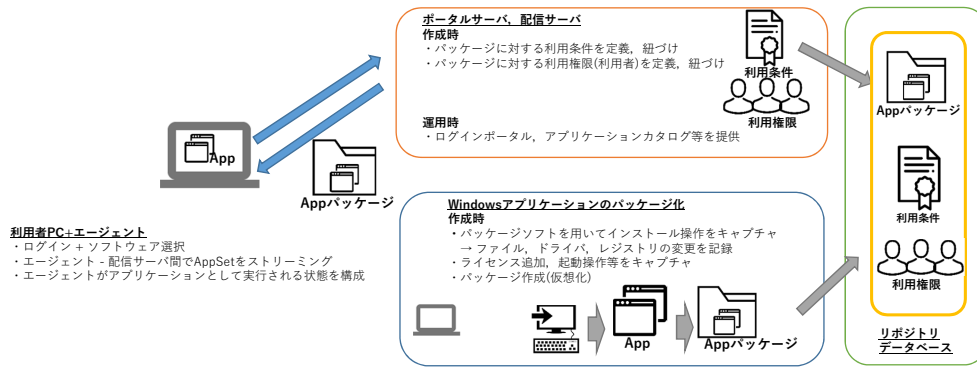


図2 アプリケーション仮想化システムの概念図

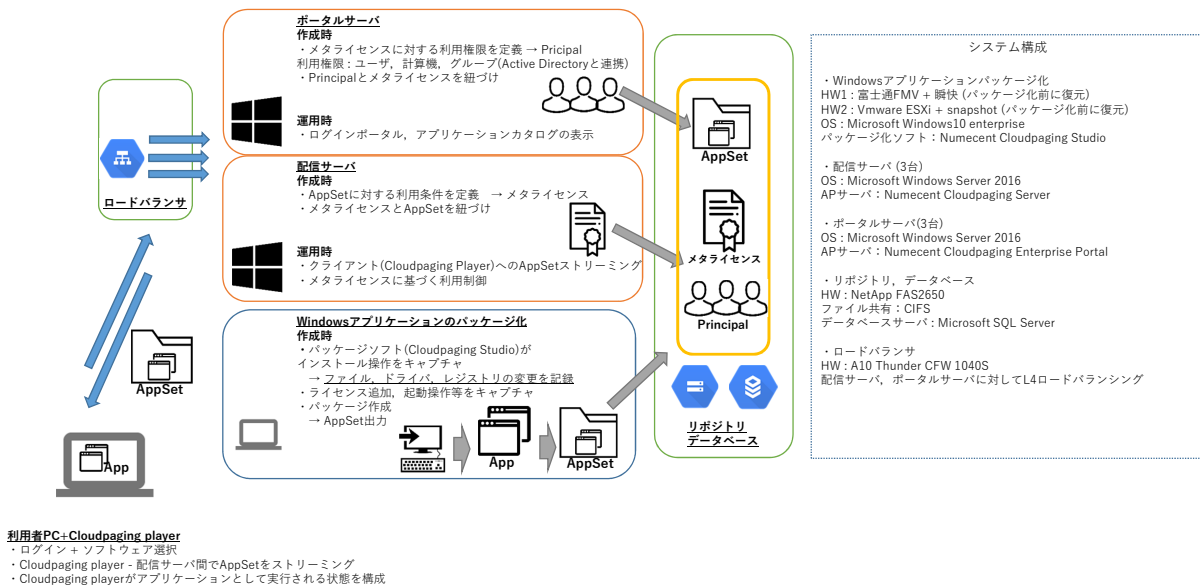


図3 教育システム上におけるアプリケーション仮想化システムの構成

ため、試行錯誤を繰り返しているのが実状である。

■機能的、ライセンス面での制限事項 Cloudpatingの機能的な制約により、OSの構成を大きく変更するアプリケーションについては、仮想化が行えない・非推奨のものが存在する。例として、Microsoft Office製品は仮想化は可能であるが、削除時にOSのファイル構成が完全に復元されないため、ディスクレスPCでの運用に限定される。また、エンドポイントセキュリティ製品は、OSの構成を変更する箇所が多いため、仮想化は推奨されていない。

加えて実際の運用においては、アプリケーションのライセンスの観点より、仮想化が適さないものが存在する。例として、アクティベーション処理やインストーラの取得に対して個人IDが紐づくアプリケーションについては、個人IDの情報が入ったAppSetが作成されるため、ソフトウェアの契約内容に関する

留意を要する。

4 アプリケーション仮想化システムのPC必携化環境での活用

前述のアプリケーション仮想化システムを用いて、学生所有のノートパソコンに対してアプリケーションの配信を行うことにより、授業で用いるソフトウェアや資料の配布、自学自習向けの環境の提供が容易になることが期待される。

ソフトウェアの配信に際しては、仮想化の方針(Cloudpatingのパラメータ)やアプリケーションの選定を要する。

仮想化の方針については、本学におけるPC必携化(BYOD)環境における利用形態が、1. ネットワーク接続が学内の無線LANであること、2. 包括ライセンス契約については、ライセンス管理を厳密に行う必

パラメータ (メタライセンス, 利用条件)	制御される内容	利用例
Maximum Seats	AppSetの利用可能数(Seatと呼ばれる). 超過するとアプリケーションが実行されない	ソフトウェアの契約に従った起動数制御
Expiration Time	AppSetの有効期限(日付指定). 期限を超えるとアプリケーションが実行されない.	ソフトウェアの更新を強制する, 卒業・離職後の起動抑制
Offline Duration	Player → サーバへの接続が行えない状況下において, アプリケーションが利用できる猶予日数	長期間のSeat消費, ソフトウェア持ち出し抑制
Concurrent per user	1ユーザが同一AppSetを同時に実行できる数	ソフトウェアの契約に従った起動数制御(1ユーザ1インスタンス等)
Patch Version	配布するAppSetのバージョン指定 (更新した場合, Path Versionが更新される)	ソフトウェアの更新を強制する
ライセンスタイプ: Floating	Playerによるアプリケーションの「利用開始」によってSeatが消費される	アプリケーションのストリーミング利用(Offline利用しない)時に指定
ライセンスタイプ: Fixed	PlayerへのAppSetの「取得(登録)」によってSeatが消費される	アプリケーションのダウンロード利用(Offline)時に指定 BYOD向けに運用する場合に有効
Run Option: Prefetch For Offline	AppSetの「取得(登録)」時に, 全データをダウンロードする	アプリケーションのダウンロード利用が可能 BYOD向けに運用する場合に有効
Run Option: Remove on Automatically	AppSet有効期限が超えた場合, Playerからの登録が削除される	利用者によるAppSet削除処理を不要とする
Windows Compatibility	クライアントのWindowsのバージョン(editionではない)毎に, 起動可能 / 互換性警告 / 起動不可を設定	Windowsのバージョンに制限のあるソフトウェアを運用する際に有効
パラメータ (Principal, 利用権限)	制御される内容	利用例
User	Active Directoryに登録されたユーザ	利用者に対してAppSetの利用権限を付与
Machine	Active Directoryに登録されたコンピュータ	計算機に対してAppSetの利用権限を付与
Group	Active Directoryに登録されたグループ User, Groupにより構成	利用者で構成したグループ(学生, 学科, 管理者用, 講義の受講者等)に対して権限付与 計算機で構成したグループ(特定の教室端末群等)に対して権限付与

図4 メタライセンス, Principalにて設定可能な主なパラメータ

要があること, を考慮し, CloudpagingのメタライセンスおよびPrincipalを以下の通り定義する.

- 無線 LAN でのネットワーク接続下では AppSet のストリーミングは現実的でないため, AppSet のダウンロードによる運用とする (Prefetch for Offline, ライセンスタイプ: Fixed)
- ソフトウェアの持ち出しを抑制するため, 利用期限を設定する (Expiration Time: 年度末など)
- 学生 1 名あたりの同時起動数を抑制する (Concurrent per user: 1 など)
- 特定の受講者や教室に利用制限する場合は, 個別に Group を割り当てた Principal を作成する

アプリケーションの選定基準は以下の通りとする.

- インストール手順が煩雑, ノウハウを要するもの
- 大学が包括的にライセンス契約を結んでいるもの
- 利用者に渡せないインストールファイル/ライセンス情報等が含まれるもの
- 利用権限の管理を要するもの (同時起動数を絞りたい, 卒業時にアンインストールが必要等)

4.1 アプリケーション仮想化の実用性検証

前述の仮想化対象の方針およびアプリケーション選定基準に基づき, アプリケーションの選定, 仮想化を行い, その実用性を検証する.

具体的なアプリケーションの選定は, 実用性検証段階であるため, 情報科学センターの主観による選定を

基本とする. 一部のソフトウェアについては, 授業担当教員からのヒアリングに基づき選定を実施する. 包括ライセンス契約を締結したソフトウェアについては, ライセンスの管理者 (部局・契約担当教員等) に対して, 1. 検証についての許可, 2. BYOD 環境での利用・ライセンス適用可能範囲・仮想化システムでの利用が可能であるかについての確認を実施したうえで検証の対象とする.

4.2 実用性の判断

仮想化を実施したアプリケーションに対して, アプリケーションの受信に要する時間・配信の可否・起動後の動作確認を行い実用性の判断を行った.

実際に AppSet を作成したアプリケーションは, 全 30 種類である. 30 種類中, 26 種類はインストーラ動作・ファイルの配置・プロセスへのアクセス権制御等の作り込みにより AppSet を作成し, 一般的なアプリケーション配信を想定したものである. 残りの 4 種類については, 仮想計算機環境である VirtualBox 上で Ubuntu Desktop を動作させるための環境配信を想定したものである.

利用者側を想定した環境については, 富士通株式会社製のノート型 PC(FMV-UH90) に対して, Cloudpaging Player をインストールした状態を構成した. 利用者側環境のネットワーク接続は, 有線 LAN(1Gbps) および本学の無線 LAN 基盤 (IEEE802.11ac) とした. 検証結果を図 5 に示す. 図中の分類 1 は動作可能と判断したアプリケーション,

分類 2 は VirtualBox の配信結果、分類 3 は動作不可能と判断したアプリケーションである。

30 種類のうち、25 種類について配信可能かつアプリケーションの正常動作が可能と判断した。ただし、正常動作が可能と判断したアプリケーション中にも、インストーラ動作のみでは正しく動作しないソフトウェアが存在する。例として、ファイルの配置やローカル側のプログラムへのアクセス権制御を設定することにより動作するソフトウェアが存在し(図 5. 1-14), AppSet の作成は試行錯誤ベースであることが実状である。

なお、Microsoft Office については、一部のソフトウェアや機能が動作しない、既存環境を破壊する等の問題が確認されたことから、現時点での仮想化は困難と結論付けた。

VirtualBox の配信については、作り込みを経ても不具合が解消しない場合(図 5. 2-1)や、配信が可能ではあるが時間を要する(図 5. 2-2)ことから、実用性・運用方針双方を含めた検討が必要である。

配信から起動に要する時間は無線 LAN 環境において、小規模(AppSet ファイルサイズが数 MB)ソフトウェアであれば 2~3 秒、中規模(AppSet ファイルサイズが 1GB)ソフトウェアであれば 3 分程度で完了し、AppSet ファイルサイズが最大である MATLAB(12.9GB)についても、27 分程度である。予めソフトウェアの配信を完了する運用を行うことを条件とすれば、授業での利用は可能であると判断できる。最後に、特に活用が期待される事例について以下に記載する。

■包括ライセンスソフトの運用 包括ライセンスソフトウェアのライセンス認証方法には、プロダクトキーやライセンスファイルの情報を要する方法が含まれる。これらの情報は、規約上学生に提示できないことがあり、通常のインストールでは職員の立会を要する。アプリケーション仮想化を行うことで、これらの情報を提示せずにアプリケーションが配信可能であることを確認した(図 5. 1-4,10,17,19,20 にて確認)。

■ネットブート PC での運用 教育システムには、2018 年度以前に入学した学生への経過措置として、ネットブート方式による教室端末が存在する。端末で用いる OS イメージ(Linux, Windows10)は 3 か月ごとにアプリケーションの更新や追加を実施しているが、追加時にイメージ作成が失敗する事例が確認されている。昨年度まで OS イメージに追加を実施していたアプリケーション(図 5. 1-2)についてネットブー

ト PC での起動を確認した。今後の教室端末イメージの更新手段の転換も可能となる。

5 まとめ

本稿では、本学におけるノートパソコン必携化に合わせ、教育システムにて導入されたアプリケーション仮想化システム(Cloudpaging)について述べた。アプリケーション仮想化システムは、利用者に対するインストーラの配布が不要であること、利用条件や利用制限を設定することにより、ソフトウェアの契約内容に応じたソフトウェアの配信が可能であること等から、ノートパソコン必携化との親和性が高いことが期待される。しかし、実用性に関しては実システムでの検証を要することから、本稿では 30 種類のアプリケーションを選定し、利用可否等を確認した。確認の結果、様々なインストール形態・利用形態におけるアプリケーションの配信が確認され、アプリケーション仮想化システムの有効性が示された。今後は更なる動作事例を作ること、ソフトウェアの選定や動作確認手順の確立が課題となる。

参考文献

- [1] 林 豊洋ほか 7 名, ノートパソコン必携化の支援を主眼とした教育研究用コンピュータシステムの更新, 情報処理学会研究報告, Vol.2019-IOT-46 No.13, 2019.
- [2] 大橋 健, 甲斐 郷子, 久代 紀之, 鶴 正人, 九州工業大学におけるノートパソコン必携化について, 九州工業大学情報科学センター広報 第 30 号, 2018.
- [3] 福田 豊, 畑瀬 卓司, 富重 秀樹, 林 豊洋, BYOD 環境整備に向けた無線 LAN 通信実験, レジリエントな情報システム構築によるインターネットと運用技術, 情報処理学会論文誌, 2019.
- [4] 富重 秀樹, 井上 純一, 林 豊洋, 甲斐 郷子, 必携ノートパソコンの推奨仕様策定における性能評価の試み, 大学 ICT 推進協議会 2018 年度年次大会, MP-11, 2018.
- [5] ノートパソコン必携化のおしらせ ~Kyutech BYOD (Bring Your Own Device)~, 九州工業大学公式ウェブサイト, http://www.kyutech.ac.jp/student-cheer/kyutech_byod.html.
- [6] 甲斐 郷子ほか 8 名, ノートパソコン利用者のための初期設定講習会 2018 実施報告, 九州工業大学情報科学センター広報第 31 号, 2019.
- [7] numacent inc, Cloudpaging, <https://www.numacent.com/cloudpaging/>.
- [8] 中村 豊, 戸田 哲也, ディスクレス PC を用いた Windows アプリケーションの導入, 九州工業大学情報科学センター広報第 22 号, 2010.
- [9] Icon made from <https://www.flaticon.com>

分類1 AppSet : 起動可能と判断

License Type : Fixed + Run Option : Prefetch For Offline / PCのネットワーク接続 : 有線LAN(1Gbps), IEEE802.11ac (5GHz, 300Mbps)

	ソフトウェア名, バージョン, 用途	AppSet(.stp) ファイルサイズ	ソフトウェアが要求するライセンスサーバ参照, アクティベーション作業等	インストーラ動作以外に要した作業, 特記事項	Playerへの登録完了および起動に要した時間[有線,wifi](秒)
1-1	7-Zip, x64 18.05, zipファイル展開	3.6MB			[2sec,2sec]
1-2	Astah professional + JRE, 8.1.0, UMLエディタ	290MB		・教室端末(ネットブックwindows10)での動作も確認	[13sec,13sec]
1-3	Android Studio, 1.8.2, Androidアプリケーション開発環境	1.0GB			[68sec, 104sec]
1-4	ANSYS, 11.0, CAE	1.2GB(本体) + 126MB(addon)	インストーラにてライセンスサーバ指定	・本体インストール後に日本語パッチ(別インストーラ)を適用しても認識しない ・パッチはANSYSを通常インストール後、パッチのインストールのみをキャプチャする(別AppSetとする)	[101sec, 141sec]
1-5	Arduino IDE, 1.8.9, マイコン開発環境	178MB		・USBアクセスは未検証	[18sec,23sec]
1-6	ImageJ + Java, 1.52a, 画像処理	69MB		・インストーラにJavaのランタイムが含まれるため、ライセンスに留意 ・ZipをProgram Filesに配置するインストール方式であるため、7-zipによりexe形式に変換後キャプチャを実施	[10sec, 13sec]
1-7	JW-cad, 8.10b, 2D CAD	25MB			[6sec, 6sec]
1-8	KiCAD, 5.1.2, 電子回路設計CAD	964MB			[110sec,189sec]
1-9	Rufus, 3.5, ブータブルUSB作成	1.0MB		・ZipをProgram Filesに配置するインストール方式であるため、7-zipによりexe形式に変換後キャプチャを実施 ・起動時に管理者権限へ昇格(昇格可能)	[3sec,3sec]
1-10	SOLIDWORKS, 2019SP02, 機械設計3D CAD	4.4 GB	インストーラにてライセンスサーバ指定		[346sec, 490sec]
1-11	Tableau Reader, 2019.2.1, データ可視化ツール	1.1 GB			[69sec, 108sec]
1-12	VESTA, 3.4.7, 結晶構造可視化	15MB		・ZipをProgram Filesに配置するインストール方式であるため、7-zipによりexe形式に変換後キャプチャを実施	[5sec,5sec]
1-13	XAMPP, 7.3.6, Webアプリケーション(AMP)環境構築	157MB		・サービス起動時にWindows Defenderの設定変更ダイアログが表示される(変更可能)	[15sec,24sec]
1-14	Eclipse, 2019-06, 開発環境	390MB		・OpenJDKのキャプチャを含める必要がある ・インストーラ利用のみでは、共有ライブラリのキャプチャを認識しない事例が見られるため、別途ファイルを配置し、AppSetに取り込む必要あり ・Windows Defenderの設定変更操作プロセス(MsMgEng.exe)を許可する必要あり	[92sec,90sec] *AppSetダウンロード時間より起動完了時間が長い
1-15	Terapad, 1.0.9, テキストエディタ	0.57MB			[2sec,2sec]
1-16	WinsCP, 5.15.2, ファイル転送	51MB			[5sec,6sec]
1-17	JMAG, 17.1, 有限要素法	2.27GB	インストーラにてライセンスサーバ指定	・Floatingライセンス版(学内設置ライセンスサーバを参照)	[124sec,181sec]
1-18	Mathematica, 12.0, 数式処理	7.75GB		・Floatingライセンス版(学内設置ライセンスサーバを参照)	[418sec,735sec]
1-19	MATLAB, 9.6, 科学技術計算	12.9GB	インストール時にライセンスファイルが必要	・Floatingライセンス版(学内設置ライセンスサーバを参照)	[850sec,1665sec]
1-20	Sicstus prolog, 4.5.1 staff, Prolog環境	55MB	シリアルナンバーの登録が必要	・インストール後、シリアルナンバー登録コマンド実行	[5sec,10sec]
1-21	OpenJDK, 12.0.2, Javaプラットフォーム	181MB			[10sec,15sec]
1-22	TeX Live, 2019-03, TeXディストリビューション	3.75GB			[242sec,422sec]

分類2 AppSet : VirtualBox+ova(ubuntu)配信のための作り込み

License Type : Fixed + Run Option : Prefetch For Offline / PCのネットワーク接続 : 有線LAN(1Gbps), IEEE802.11ac (5GHz, 300Mbps)

	ソフトウェア名, バージョン, 用途	AppSet(.stp) ファイルサイズ	要した作業, 特記事項	起動の可否, Playerへの登録完了および起動に要した時間[有線,wifi](秒)
2-1	Virtualbox + ubuntu配信(1), 201902, 学生へのUbuntu環境配信を想定	13.5GB	・Virtualbox(NATモード)上に、仮想マシン(ubuntu 18.04LTS)をインストールした状態をAppSet化 ・別の仮想環境(VMWare Player等)が導入済みの場合、導入済み環境を壊してしまう ・環境によってドライバ(USB等)が不安定	起動条件あり 環境によって仮想マシンのドライバが不安定
2-2	Virtualbox + ubuntu配信(2), 201902, 学生へのUbuntu環境配信を想定	13.5GB	・Virtualbox(インストーラ) + ubuntu18.04(ova)を配信、配信後インストールパッチが起動する状態をAppSet化 ・起動可能であるが、正式運用には判断を要する	OK [850sec,2056sec]
2-3	Virtualbox + ubuntu ova展開プログラム(ISC), 5.2.3.2, Ubuntu環境配信を想定	107MB 13.4GB(ova)	・Virtualbox 5.2.3.2(NATモード)およびubuntu 16.04LTS ovaをダウンロード、展開するプログラム(.NET)をインストールした状態をAppSet化 ・起動時に管理者権限へ昇格(昇格可能) ・USB, ネットワークドライバの安定化のため調整済み	OK Appset配信 [18sec,24sec] Ovaダウンロード+インストール [390sec,940sec]
2-4	Virtualbox + ubuntu ova展開プログラム(ISC), 6.0.10, Ubuntu環境配信を想定	195MB 13.4GB(ova)	・Virtualbox 6.1.10(NATモード)およびubuntu 16.04LTS ovaをダウンロード、展開するプログラム(.NET)をインストールした状態をAppSet化 ・起動時に管理者権限へ昇格(昇格可能) ・USB, ネットワークドライバの安定化のため調整済み	OK Appset配信 [20sec,26sec] Ovaダウンロード+インストール [410sec,948sec]

分類3 AppSet : 起動不可, 条件付で利用可能と判断

	ソフトウェア名, バージョン, 用途	AppSet(.stp) ファイルサイズ	ソフトウェアが要求するライセンスサーバ参照, アクティベーション作業等	インストーラ動作以外に要した作業, 特記事項
3-1	Microsoft Office, 2019 Professional	1.2GB		起動NG ・Office2016との競合が生じる, Wordでメモリ不足発生, フォント読み込み失敗, ExcelでODBC利用不可等
3-2	Microsoft Visual Studio, 2017, 開発環境	3.7GB	プロダクトIDの登録が必要	起動NG ・プロダクトIDのインストール(StorePID.exe)が出来ない
3-3	Microsoft Visual Studio, 2019, 開発環境	3.3GB	プロダクトIDの登録が必要	起動NG ・プロダクトIDのインストール(StorePID.exe)が出来ない
3-4	新入生向け初期セットアップファイル, 2018	62MB	インストーラは存在せず, 資料収録フォルダを配信	起動条件あり ・動作しない機材が存在

図5 アプリケーション仮想化検証結果