

スパコン上におけるリモートデスクトップソフトウェアの評価

尾形幸亮¹⁾, 當山達也¹⁾, 疋田淳一¹⁾

1) 京都大学 企画・情報部

ogata.kosuke.7c@kyoto-u.ac.jp

Evaluation of Remote Desktop Software on Supercomputer

Kosuke Ogata¹⁾, Tatsuya Tohyama¹⁾, Junichi Hikita¹⁾

1) Planning and Information Management Department, Kyoto University

概要

京都大学学術情報メディアセンターでは、スーパーコンピュータシステムでのプリポストソフトウェア等の利用のために、GUI 環境およびリモートデスクトップソフトウェアを提供している。本稿では、リモートデスクトップソフトウェアの最新状況について、各種ソフトウェアの調査、検証の結果を紹介する。

1. はじめに

京都大学学術情報メディアセンター（以下、本センター）では、全国の研究者に向けてスーパーコンピュータシステム[1]（以下、スパコン）を提供している。スパコンでは、Linux 上で GUI 環境を実現する X Window System により、プリポストソフトウェア等が利用可能である。X Window System による GUI 描画を遠隔のユーザが受信するためには、対応するリモートデスクトップソフトウェアが必要となるため、本センターでは OpenText 社の Exceed onDemand[2]を提供している。

スパコンで行われるプリポスト処理では、3D モデルをはじめとしたグラフィック処理が扱われるが、スパコンの性能向上に伴い扱うグラフィック処理の負荷やデータ容量は増加傾向にあり、リモートデスクトップソフトウェアの描画性能やデータ転送量の圧縮は重要な要素である。また、ウェブブラウザをクライアントとすることで、専用のクライアントを不要とするソフトウェアも存在しており、以前よりも利便性が向上してきている状況である。そこで、リモートデスクトップソフトウェアの最新状況について、各種ソフトウェアの調査、検証を実施した。本稿ではその結果を紹介する。

2. リモートデスクトップソフトウェアの概要

Linux 上で GUI を使う場合は X Window System を利用するのが一般的である。X Window System は、

1 台のサーバを共同利用することを前提に開発されたため、描画命令で GUI を生成する機能（X クライアント）と、GUI を実際に描画する機能（X サーバ）が分かれており、それぞれ別のマシンで実行することが可能である。この機能を利用することで、X サーバをユーザの手元の PC で実行し、スパコン上で動作する X クライアントから描画命令を受け取ることで、スパコンの GUI 環境を表示することが可能となる。

ユーザが手元の PC から、遠隔地の Linux サーバへ接続する方法として、SSH が一般的に用いられる。SSH は通信の暗号化機能と X Window System の描画命令を転送する機能(X11 Forwarding)を有しており、ユーザは SSH クライアントと X サーバを手元の PC に導入することで、リモートサーバの GUI 環境を安全に手元で操作することが可能となる。

別の方式として、サーバ側で X Window System の描画を行い、描画結果をユーザの PC へ転送する、Virtual Network Computing（以下、VNC）ソフトウェアがある。なお、VNC は暗号化機能を含まないことが多く、アクセスコントロールはパスワード認証であることが多いため、セキュアな通信を実現するには SSH の暗号化機能、公開鍵認証およびポートフォワーディングを併用する必要がある。

プリポスト処理で扱う 3D モデルは、スパコンの性能向上に伴い大規模化、高精細化しており、リモートデスクトップソフトウェアの中には、通信プロトコルの最適化、データ圧縮、リモートサ

サーバに搭載した GPU を用いた 3D モデルのサーバサイドレンダリングといった方法により描画性能を高める機能を備えているものがある。

また、3D モデルのサーバサイドレンダリングを行うライブラリとして、オープンソースソフトウェア (OSS) の VirtualGL[4]が公開されており、リモートデスクトップソフトウェアと併用することで 3D 描画性能を強化することも可能である。

機能面では、ウェブブラウザをクライアントとした公開鍵認証による接続に対応し、ユーザの利便性を向上させた製品が登場している。

3. 性能評価

3.1. 評価環境

本センターのスパコンユーザは Windows または macOS を用いてスパコンに接続していることが多い。本稿では、Windows パソコンおよび GPU を搭載したサーバを用いて、リモートデスクトップソフトウェアの性能評価を行った。パソコンおよびサーバの構成を、表 1 および表 2 に示す。

表 1 Windows パソコンの構成

CPU	Intel Core i7 6600U 2.6GHz
メモリ	16GB
GPU	Intel HD Graphics 520
OS	Windows10 64bit
ネットワーク	1000BASE-T

表 2 サーバの構成

CPU	Intel Xeon Gold 6140 2.30GHz
メモリ	512GB
GPU	NVIDIA Quadro P4000
OS	RedHat Enterprise Linux 7
ネットワーク	Omni-Path (IPoIB)

3.2. 評価対象ソフトウェア

評価するリモートデスクトップソフトウェアとして、表 3 に示すソフトウェアを選出し、その特徴を表 4 にまとめた。

ユーザにおける利便性を考慮し、Windows、macOS、Linux それぞれに対応しているマルチプラットフォームなソフトウェアを中心に選んでいる。ただし、X11 Forwarding を利用するための X サーバソフトウェアは、マルチプラットフォームなものが無いため、Windows で利用可能な OSS である VcXsrv を用いている。

表 3 評価対象ソフトウェア及びバージョン

ソフトウェア	バージョン
Exceed onDemand	8.6.1
FastX	3.0.47
NoMachine	6.8.1
Nice DCV	2020.1
VcXsrv	1.20.5.1
TurboVNC	2.2.5

表 4 評価対象ソフトウェアの特徴

	Exceed onDemand	FastX[5]	NoMachine[6]	Nice DCV	VcXsrv[7]	TurboVNC[8]
対応 OS	Windows、macOS、Linux				Windows	Windows、macOS、Linux
クライアント	専用ソフト	専用ソフト、ウェブブラウザ			専用ソフト	
暗号化	対応					非対応 (SSH の併用が必要)
公開鍵認証	非対応 (SSH の併用が必要)	対応 (SSH クライアント内蔵)		非対応 (SSH の併用が必要)		
通信方式	独自				X11 Forwarding	VNC (RFB)
データ圧縮	独自				SSH の圧縮オプション	独自
レンダリング	クライアント側			サーバ側 (GPU 使用)	クライアント側	サーバ側 (GPU 不使用)
セッションのレジューム	対応				非対応	対応
ライセンス	商用				OSS	

3.3. 評価方法

評価は、基本的な X プロトコルでの 2D 描画、およびサーバサイドレンダリングによる OpenGL の 3D 描画について、実機測定を実施した。2D 描画のベンチマークには x11perf[9]を、3D 描画のベンチマークには Unigine Valley[10]をそれぞれ使用した。Unigine Valley での測定の際は、サーバサイドレンダリングの機能を持つ Nice DCV 以外でも GPU の性能を発揮できるように、VirtualGL を用いることで条件を揃えている。また、ネットワークの使用状況を調査するため、各ベンチマーク試験の実行時に、サーバ側で iftop コマンドを実行し、クライアントとの間の平均使用帯域幅を測定した。

各ソフトウェアによるサーバとの接続は、暗号化および公開鍵認証の実現のために、全て SSH を使用している。非対応のソフトウェアについては、SSH のポートフォワーディングを用いている。

各ソフトウェアの表示品質の設定は、3D モデル等の高精細な画面の効率的な転送を評価する観点から画質は最高設定とし、その上でデータ転送量を測るために全ての転送データが圧縮される設定とした。なお、VcXsrv については、本体は圧縮機能をサポートしないため、SSH の圧縮オプションを併用した。その他のソフトウェアについては、本体の圧縮機能を利用し、SSH の圧縮オプションは使用していない。

以下、実施したベンチマークについて、詳細を示す。

- x11perf:
表 5 に示すテスト項目を実行した。実行結果は描画回数/秒の形で得られる。また、測定は 3 セット行い、測定結果はその平均値とした。
- Unigine Valley:
OpenGL を用いて 3D の風景を描画し、平均フレームレートを測定するものである。ベンチマークオプションは Basic Preset (解像度は 1280x720)とした。また、測定は 3 セット行い、測定結果はその平均値とした。

表 5 x11perf のテスト項目

テスト項目	概要
64poly100complex	100x100 の複雑な 64 角形を塗りつぶす。500x500 の領域に 25 個同時に表示
polytext16	7/4/7 桁の行に 2 バイト文字を書く
copypixwin500	ピクスマップからウィンドウへ 500x500 の正方形をコピーする
putimage500	500x500 サイズの画像の PutImage (サーバからクライアントマシンへの画像転送)
shmput500	MIT 共有メモリ拡張命令を用いた、500x500 サイズの画像の PutImage

3.4. 測定結果

表 5 に示した x11perf のテスト結果を図 1 に示す。縦軸がスコア(描画回数/秒)であり、横軸が各評価対象のソフトウェアである。なお、VcXsrv は、MIT 共有メモリ拡張命令に対応していないため、shmput500 は測定していない。

図 2 に 2D 描画の転送に要した平均使用帯域幅を示す。縦軸は平均使用帯域幅であり、単位は MB/秒である。

Unigine Valley でのフレームレートの測定結果を図 3 に示す。縦軸が平均フレームレート(単位は Frames Per Second)、横軸が評価対象の各ソフトウェアである。

図 4 に 3D 描画の転送に要した平均使用帯域幅を示す。縦軸が平均使用帯域幅であり、単位は MB/秒である。横軸が評価対象の各ソフトウェアである。

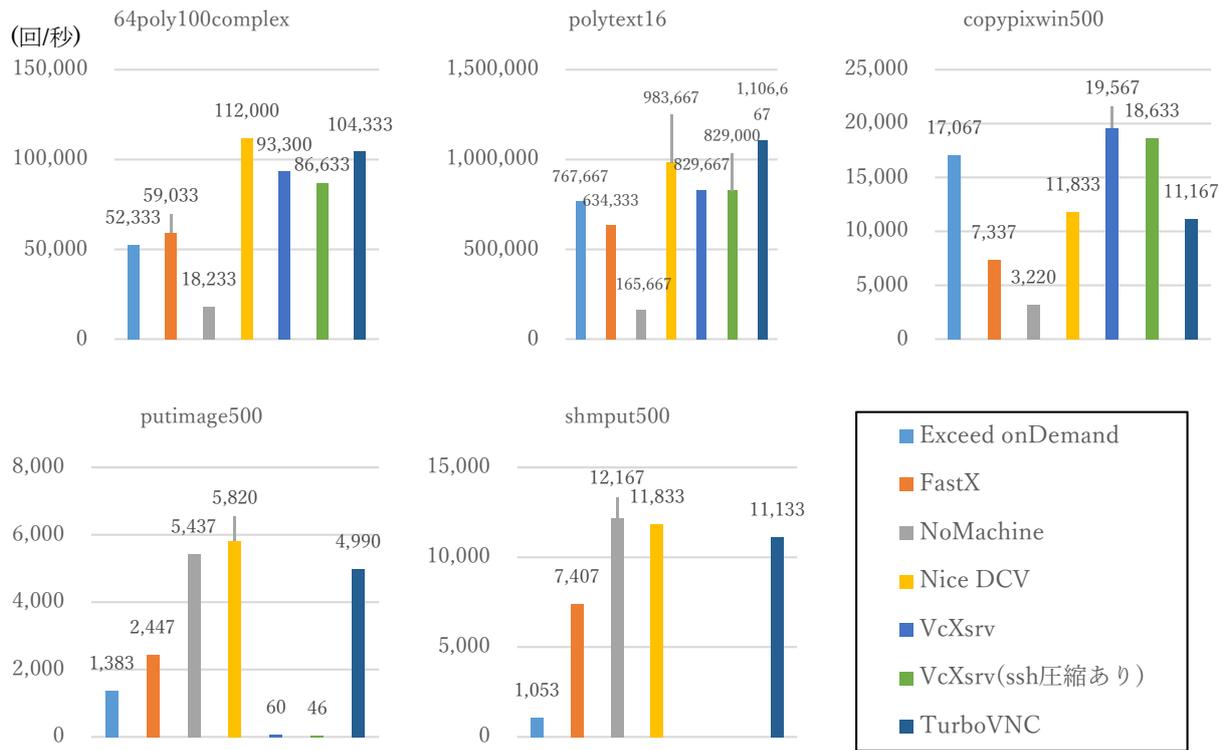


図1 x11perf のスコア

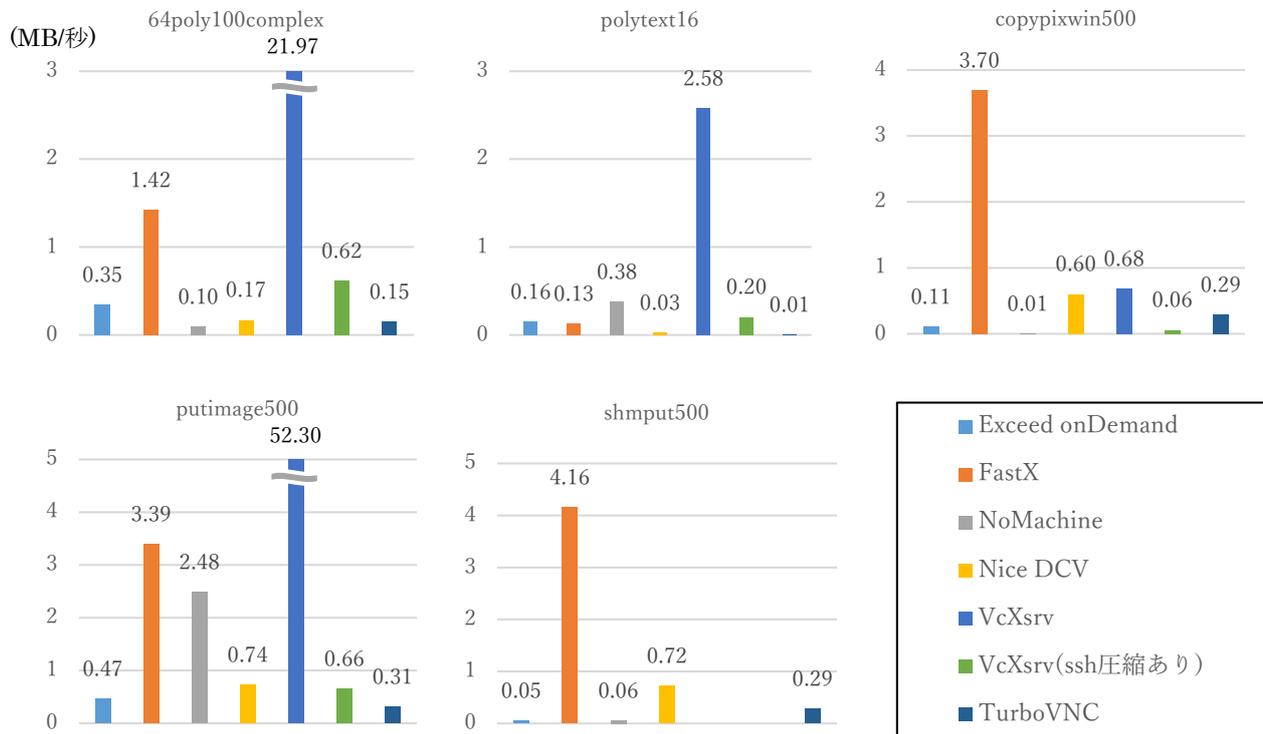


図2 x11perf 実行中の平均使用帯域幅

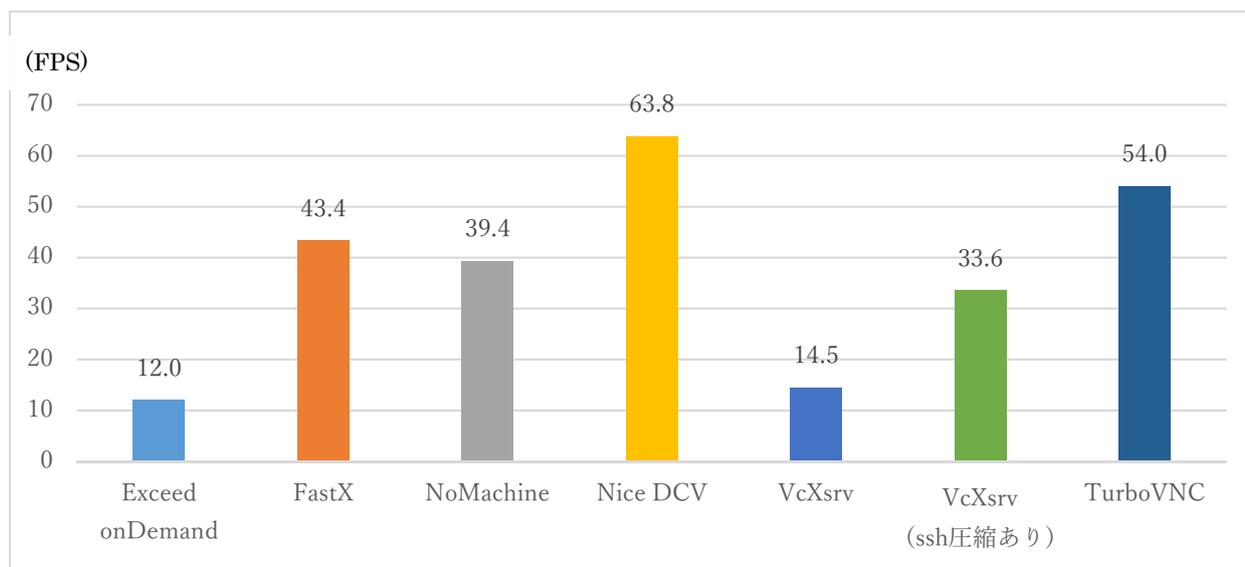


図3 Unigine Valley のフレームレート

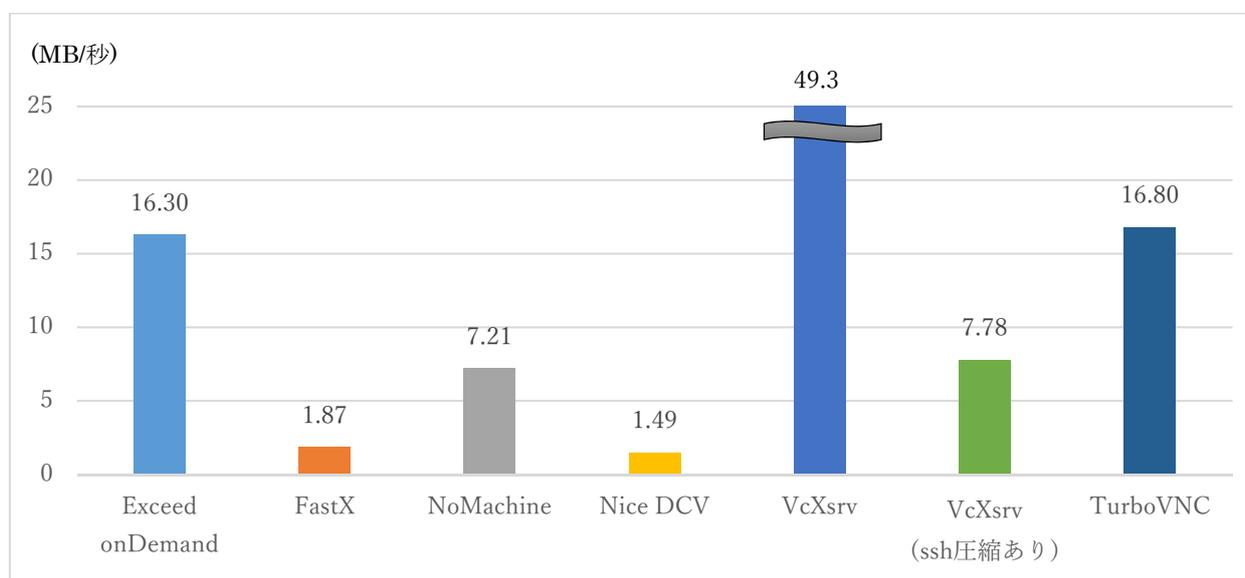


図4 Unigine Valley の平均使用帯域幅

4. 考察

4.1. 2D 描画性能および転送性能

2D の描画性能ならびに転送性能について、図1 および図2 の測定結果を用いて考察する。

4.1.1. Exceed onDemand および VcXsrv

図1 より、両ソフトウェアは、文字の描画速度を測る polytext16 のスコアが平均を上回っていることが分かる。また、copypixwin500 でも両ソフトウェアが上位となっていることが分かる。copypixwin500 は作業領域である pixmap から描画を反映する window へのコピーを測定するものであり、スコアが高いほど描画を高速に更新できる

ことを意味する。このことから、両ソフトウェアは文字主体のアプリケーションに強みがあると言える。

平均使用帯域幅については、図2 より、VcXsrv は SSH の圧縮を併用しない場合、Exceed onDemand に対して約 6~111 倍の帯域を消費するが、圧縮を併用した場合、Exceed onDemand と同等程度の帯域幅となっていることが分かる。なお、VcXsrv は圧縮を併用することで最大約 9%スコアが低下している。

VcXsrv は、図形の描画速度を測る 64poly100complex でも Nice DCV や TurboVNC に次ぐスコアとなっており、ベクタ画像の描画は高速であることが分かる。一方、putimage500 による

ビットマップ画像の描画は非常に低速であり、可視化等の、ビットマップ画像の転送が多く発生する用途には不向きと言える。

4.1.2. FastX

図 1 より、FastX はどのテスト項目でも極端に性能値が低いものは無いことが分かる。その一方で、図 2 より平均使用帯域幅は polytext16 を除く項目で高く、約 1.4~4.2MB/秒となっており、ネットワーク帯域は他のソフトよりも多く消費することが分かる。なお、上記の測定では、画質を最高設定とするために、FastX のオプション項目の Image Quality を最高の Highest としたが、最低の Very Low に設定した場合は、平均使用帯域幅が約 23~39% 抑制されることを別途検証している。また、品質の設定を自動にしておくことで、ネットワーク環境に応じた調整が行われる機能は備えている。

4.1.3. NoMachine

図 1 より、画像の転送速度を測る putimage500 や shmput500 について、上位のスコアとなっていることが分かる。また、図 2 より、shmput500 において NoMachine の平均使用帯域幅が 0.06MB/秒となっており、少ないデータ量で多くの転送が可能となっていることが分かる。一方で、64poly100complex、polytext16、copypixwin500 のスコアが低く、文字やベクタ画像の描画はあまり高速ではないことが分かる。このことから、NoMachine はビットマップ画像の転送を多用するアプリケーションに強いと言える。

4.1.4. Nice DCV および TurboVNC

図 1 より、サーバサイドで描画を行う Nice DCV および TurboVNC は、スコアが全般的に高くなっていることが分かる。また、図 2 より、平均使用帯域幅も他のソフトウェアと比較して全般的に抑えられていることが分かる。このことから、2D 描画に関してはサーバサイドレンダリングを行っている Nice DCV や TurboVNC の性能が高いと言える。

4.2. 3D 描画性能および転送性能

3D の描画性能ならびに転送性能について、図 3 および図 4 の測定結果を用いて考察する。

図 3 より、フレームレートは Nice DCV が最も高い 63.8FPS で、次点で TurboVNC の 54.0FPS となっている。続いて FastX の 43.4FPS、NoMachine の 39.4FPS となっている。

一方、図 4 の平均使用帯域幅では、Nice DCV が最も低く 1.49MB/秒となっている。また、FastX が 1.87MB/秒となっており、3D 描画での帯域幅は低く抑えられている。一方で NoMachine は 7.21MB/秒、TurboVNC は 16.80MB/秒となっており、高いフレームレートを維持するためには高い帯域幅が必要となる。以上から、Nice DCV や FastX が、高フレームレートと低帯域幅を両立しており、3D アプリケーションの描画に強みがあると言える。

5. おわりに

今回の調査により、最新のリモートデスクトップソフトウェアについて、2D および 3D の描画速度および使用帯域幅の比較結果が得られた。

今後、ウェブブラウザによる接続や公開鍵認証対応等の面で利便性が高く、性能面でもバランスの良い FastX、および単独で GPU を使用する機能を持ち特に 3D 描画性能に優れる Nice DCV について、スパコンへの試験導入を進め、ユーザへ提供することを通じて、運用面の検証を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 京都大学学術情報メディアセンター
スーパーコンピュータシステム
<http://www.iimc.kyoto-u.ac.jp/ja/services/comp/superc omputer> (2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [2] OpenText Exceed onDemand
<https://www.macnica.net/opentext/eod.html/>
(2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [3] Nice DCV – AWS <https://www.nice-software.com/>
(2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [4] VirtualGL <https://www.virtualgl.org/>
(2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [5] FastX - StarNet Communications
<https://www.starnet.com/fastx/>
(2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [6] NoMachine – NX technology
<https://www.nomachine.com/>
(2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [7] VcXsrv <https://sourceforge.net/projects/vcxsrv/>
(2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [8] TurboVNC
<https://www.turbovnc.org/>
(2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [9] x11perf <https://www.x.org/releases/X11R7.7/doc/man/ man1/x11perf.1.xhtml> (2020 年 9 月 28 日閲覧)
- [10] Valley – Unigine Benchmarks
<https://benchmark.unigine.com/valley>
(2020 年 9 月 28 日閲覧)