

次世代スーパーコンピュータ概念設計評価に
関する各委員のコメント

	1. システム開発方針の適切性
	理化学研究所が設定したシステム開発方針（システム最適化の考え方を含む）は、文部科学省におけるプロジェクトの目的及び目標に照らして妥当か。
1 - 1	2006年6月付けの基本方針、2006年8月付けのシステム開発方針からなる理化学研究所設定のシステム開発方針は、文部科学省におけるプロジェクトの目的及び目標に照らして妥当であると考えられる。この方針に沿ったシステム開発を期待致す。
1 - 2	文部科学省におけるプロジェクトの目的や目標にのっとった妥当な案であると考えられる。
1 - 3	文部科学省におけるプロジェクトの目的と目標は、グランドチャレンジに代表される幅広い分野において世界最高水準の計算機システムを構築活用することで科学技術の発展を推進することであり、具体的指標においてはLinpackで10PFLOPSの計算性能を達成して計算機システム自体の世界評価においても最高水準の認定を受けることであるが、理化学研究所が提案している開発方針（概念設計）はピーク性能で約11PFLOPSのスカラ演算中心の演算ユニット（ユニットA）とベクトル演算機構を併せ持つ演算ユニット（ユニットB）とを総バンド幅1TB毎秒のシステム結合装置でつないだ複合演算システムとなっている。この概念設計はユニットAとユニットBとの結合が相対的に小さいため、システムの一体的統合の観点ではややアーキテクチャ上の美しさに欠ける面があるが、複合システムの多様な計算アルゴリズムへの適応性の点で柔軟な対応が期待され、上記の文部科学省の目的および目標を予算および開発期間等の制約条件下で実現するための現実的設計となっていると考えられる。
1 - 4	システム開発の基本方針は、「計算機の利用により、科学技術・産業の競争力を維持し、先進的な研究開発を行うこと」と「スーパーコンピュータの開発力を国内に維持し、この開発の技術を下方展開するとともに、継続的な開発を可能にする」の二つの柱から成っているが、これは妥当と考えられる。 そのための具体的なシステムの開発方針として、LINPACK性能10PFLOPS以上とともに、諸分野のアプリケーションでの実効性能を重視したシステム構築を目指していることは適切である。2005年秋ごろには、LINPACK 10PFLOPSのみが重視され、それさえ実現できれば、応用はどうかという議論も見られたが、その後、具体的なアプリケーション21本についての詳細な分析がなされ、それに基づいて性能評価しつつシステム最適化が検討されたことは大きな進歩である。 低コスト、低消費電力などの技術革新は、この開発のためにも、下方展開のためにも重要であり、これが方針にあげられていることは妥当である。
1 - 5	全般的に妥当であると評価でき、特に以下の点を高く評価する。 ・ 利便性の高い汎用機による目標性能達成 地球シミュレータは独自性が高い技術が大きな特徴であり、世界最高性能を達成する原動力となった反面、応用の拡大や技術の展開に強い制約を与えた。この反省に基づいて、汎用性の高いシステム構築を目指すことはきわめて有意義であり、かつ世界（特に米国）と同じ土俵で戦うという意味でも意義深い。 ・ 電力・設置面積制約を強く意識した方針 本プロジェクトで開発される技術を展開し、中規模（e.g.大学センター）～小規模（e.g.大学内研究所）のシステムにも適用できるようにすることが、高性能システムの開発力・技術力を継続的に維持するための必須要件であると考えられる。そのためには、電力性能比、設置面積（&容積）性能比が特に重要なファクターであり、この点を重視した開発方針は高く評価できる。
1 - 6	米国に遅れをとっているスカラ系に重みをつけ、日本の優れているベクター系も同時に開発を進めることで、科学技術・産業の競争力を高めていくという目的に合致した方針になっている。さらにスカラ系とベクター系のハイブリッドシステムを提案することで革新性も高く、従来のスパコンではなしえなかった研究分野への応用にもつながる大きな可能性をもったシステムである。ナノサイエンス、ライフサイエンス、天文など多くの分野のアプリケーションに活用していくというグランドチャレンジにも十分配慮がなされ、過去のアプリケーション資産を無駄にすることなく新しいタイプのアプリケーション開発にも柔軟に対応できる構成になっている。下方展開を見据えた低消費電力CPU開発や設置面積の縮小化も現時点における十分にチャレンジングな目標になっていると思われる。完成時世最速の試算も出ており、2011年の完成のシステムとしては妥当な目標値が設定できていると思われる。
1 - 7	ほぼ妥当である。（2つのシステムを基本とする方針が、単独システムより結果的に費用対効果が本当に高いのかについて、判断困難。）
1 - 8	文部科学省におけるプロジェクトの目的及び目標が、多くの利用者を対象とした「計算センター」設置にあるとすれば、F社とN+H社のシステムの組み合わせを提供することは、意義があると判断する。しかし、世界最高性能を求めるものであるとすれば、技術開示が困難な複数社のシステムの結合形態には問題が多い。すなわち、1体としての運用には限度がある。システム最適化の考え方、というものも、広範な捕らえ方から、「計算にシステムそのもの」の最適化までのどのレベルの話であるかに多岐に依存している。システムという言葉に惑わされないことが重要であると判断する。
1 - 9	日本の科学技術・産業の競争力、最高性能を達するという目標に合致している。ただし、産業の競争力という点で、ソフトウェア結合による2ユニット構成を選択した時点で、大きな方向変換をしている。
1 - 10	世界最速と内外から認められるものを開発するという、2006年6月の基本方針は、大変好ましい。また、スパコンの安価・簡便な利用によりわが国の科学技術・産業の競争力を維持、高めると同時に、国内のスパコン開発力を保持し継続的に開発可能にすることも重要である。
1 - 11	基本方針、システム開発方針ともに、プロジェクトの目的及び目標に照らして妥当であると判断できる。 特に、今回のプロジェクトに限ることなくスパコン開発力を保持し、継続的な開発を可能とする基本方針は、我が国の国際競争力の観点から重要である。

	2. システム構成案の妥当性
	(1)システム構成案の詳細及び性能
	<p>次の性能目標を実現する上で、システム構成案(プロセッサ、メモリ、ネットワーク等の構成)は適切か。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Linpackで10ペタFLOPSを達成する(平成23年6月のスーパーコンピュータサイトTOP500でランキング第1位を奪取)。 ・HPC CHALLENGE全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する。

Linpack10ペタに関して

2-1	Linpackで10PFLOPSを達成するか否かの観点では、ピーク性能(ユニットA+B)で約14PFLOPSを有すると推定される点と期待される実効性能とに照らして、十分達成されるものと考えられる。平成23年6月のスーパーコンピュータサイトTOP500においてランキング第1位となりえるか否かについては、伝えられる現在の世界のスーパーコンピュータ開発状況から考えて必ずしも予断を許さない。これは理研の概念設計の問題と言うより、今回のプロジェクトにおける10PFLOPSの設定の是非に関する事項と考えられる。
2-2	今回の提案で目標を満足できるかどうかを、現時点で判断すると、10PFLOPSの目標は達成できても、世界一については保証できない。米国のASCIの次期プロジェクトは、平成22年に10PFLOPSの達成を目標としている可能性が高く、これと争ってトップ1を奪取するためには15PFLOPS-18PFLOPS程度の目標設定が必要である。しかし、世界一かどうかは相手次第であり、現状では今回の計画を妥当とせざるを得ないと思う。
2-3	LINPACKは、現在では比較的高性能を実現しやすいベンチマークと考えられているが、並列処理の歴史を考えれば、LINPACK性能がピークの数%しか出ないようなマシンも少なくなかったわけで、演算性能とともに、メモリバンド幅、メモリ・レイテンシ、相互接続ネットワークのバンド幅などが、あるベースラインを越えていなければ十分な性能はでない。今回の構成案は、その点十分な配慮がなされているが、10PFLOPSという前代未聞の高性能を実現するためには、なお一層の性能向上が必要である。世界1位を取れるかどうかは、相手のあることであり、たとえ10PFLOPSが実現しても保証の限りではない。しかし、競争相手にとっても事情は同じであり、2010年度末に10PFLOPSという性能値はかなりチャレンジングであると思われる。
2-4	Linpackで10ペタFLOPSを達成するという目標に対し、現状案は ユニットAで ピーク11.2PFLOPS×85%=9.52PFLOPS ユニットBで ピーク3.1PFLOPS×90%=2.79PFLOPS でユニットAとユニットBを合わせて10PFLOPSを達成と説明されているが、ユニットAとBを加えて10PFLOPSを達成するということが、10PFLOPSを越える1台のスーパーコンピュータの開発に成功したとして広く内外から認められるかということについては、意見が分かれる可能性があり、適切とは言い切れないと考える。 また、平成23年6月のスーパーコンピュータサイトTOP500でランキング第1位を奪取という部分に関して、 http://www.sc.doe.gov/ascr/ASCAC/Stevens-ASCAC-March20061.pdf に掲載されている The LLNL/ANL/IBM Collaboration to Develop BG/P and BG/Q Rick Stevens, Argonne National Laboratory The University of Chicago に記載されているように BlueGene/Q : Targeting 10PF/s demonstration 2010/2011 というようにBlueGene/Qが2010～11年に10PFLOPSの達成を目指し、BlueGene/Qが2010年から11年に開発に成功する場合には、仮にユニットAとBを合わせた性能が1台のシステムの性能として認められた場合でも平成23年6月のスーパーコンピュータサイトTOP500でランキング第1位の目標を達成できるかは、タイミングを含めて微妙で、第1位奪取を達成できない場合も生じるのではないかと危惧される。
2-5	理研の試算によりLinpack10ペタFLOPSは達成可能と考えられる。試算式も妥当なものと考えられる。問題があるとすれば、2つのユニットの合算がLinpack性能と認められるかどうかという点であるが、各ユニットで別々にコンパイルして別々に走らせ計測したのでは批難は免れないことが予想される。最低限1コマンドで両ユニット用の実行モジュールを生成し、1コマンドで両ユニットの最適スケジューリングを制御しながら計算結果がコマンド発行元にもどり、計測が終了するという状況でなければならない。また、システムの完成が間近になった時点で、10ペタFLOPSに届かない、もしくは世界最速を奪取できないと判明した場合には、それらの目標を達成するのに必要なシステム拡張を試算し、補正予算措置を講じてでも目標を達成すべきかどうかをその時点で国民に問えばよい。本目標は日本の科学技術力を高めていくための到達点を指し示す技術目標であり、世界から尊敬されるためのお祭り的目標である。この目標だけを達成して実アプリケーションへの応用力がないがしるにされるようでは本末転倒である。1000億円使ってお祭り騒ぎして、電気喰いのジャンクが神戸に残ったという事態だけは避けなければならない。
2-6	F社分のみで Linpackで10ペタFLOPSを達成する、という条件はクリアできる。 2番目の条件である「HPC CHALLENGE全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する」ことをN+H社の分で達成する、ということだとすると、別々の装置で、別々に、2つの目標を達成することになるが、これでは1システムの性能が、2つの条件を満たしたとは言えないと判断する。
2-7	10ペタFLOPSの達成は可能と思われる。
2-8	Linpack 性能 10 PFlops Unit Aのピーク性能比85%(9.52 PFlops)およびUnit Bのピーク性能比90%(2.79 PFlops)という目標は、いずれも容易に達成できる値ではないが、実現可能な範囲であると考えられる。なお今回閲覧した資料には、これらのピーク性能比を達成可能とする技術的裏付けが十分提示されているとは言い難く、一般的な傾向から類推して判断せざるを得ない。また両ユニットのアーキテクチャが上記性能比の達成に「適切」なものであるかどうかは、技術的裏付けの提示が不十分であるため判断しがたいが、一般的に高性能計算を目的とするシステムアーキテクチャとして考えた場合、それぞれ技術的な妥当性は十分にあるものと判断する。ただしUnit Aのメモリ容量がCPUあたり16GB(元々のF案では32GB)と比較的小さく、これがLinpack性能に与える影響が若干懸念される。 一方、両ユニットを統合したシステムがLinpack 10 PFlopsの達成に「適切」かという評価は非常に難しく、統合システムとすること自体や両ユニットの性能バランスについては、別の観点で評価せざるを得ないと考える。なお個々のユニットのLinpack性能の加算値(12.31PFlops)に対する、統合システムの性能比85%という見積自体は、比較的妥当性が高いと考える。 TOP500 第1位(2011年6月) このポイントについては、米国を中心とした競争相手の動向に左右される(特に10 PFlopsという値がlandmark的な目標となる可能性大)、統合システムとしてTop500に登録できるか(現時点では可能と思われるがルールが不変である保証はない)、という2点が不透明である。仮にこれらを考慮の外にした場合、世界最速値が10 PFlops程度であるという予測自体には一定の妥当性がある。なお上記の不透明性を考慮した上で、Unit Aを(たとえば)1.5倍程度に拡張可能な工夫(i.e.アーキテクチャはもちろんであるが、設置環境等を含め予算制約以外の全ての観点での工夫)が必要ではないかと考える。
2-9	10PFLOPSは達成できるが、ユニットAとユニットBからの構成を1システムとして認められるか、ランキング1位については予測できない。
2-10	本システムの構成案は概ね適切であると考えられる。Linpackによるランキング第一位の奪取に向けて、現状で想定される必要性能はクリアされる見通しである。また、システム構成が拡張性に優れていることから、必要に応じて2通りで性能の向上を図ることが可能である点も大きい。

2-11	Linpackで10ペタ、HPC Challenge 全28項目中の過半数以上で最高性能を達するという性能目標は、システム開発の大方針に則ったとき、必ずしも適切であったとは言い難い面がある。
2-12	汎用性、アプリケーション実効性能、消費電力、設置面積、将来の発展性と拡張性を考慮しつつLinpackで10ペタFLOPSを達成するシステム構成案として妥当のもとと判断できる。 但し、ランキング第一を奪取できるかどうか不明。

HPC CHALLENGEに関して

2-13	HPC CHALLENGE全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成するか否かの観点では、今回の理研の提案する概念設計の期待される性能では達成容易とは必ずしも判断できない。これはこのHPCC目標と文部科学省の示すプロジェクトの目的が整合しない点に原因があると考えられるが、前者の目標は後者の目的を実現するために設定すべきではないと考えられる。プロジェクト本来の目的は後者にあることから、両者が整合するランキング目標を再設定することが望ましいと考えられる。
2-14	HPC CHALLENGE全28項目中、過半数で最高性能を達成するという目標設定は、これ自体が妥当でない。これは、HPC CHALLENGEの過半数は、単一のノードの性能を評価する項目であるため、この目標を達成するためには個々のノードが強力であれば良く、システムの全体性能がいくら低くても良いことになる。しかし、システムの全体性能が低いとLinpackで10PFLOPSの目標は達成できないため、この両者を達成するためには、全く矛盾したシステム構成が要求されることになる。この両者を限られた予算で満足するためには、Linpack専用アクセラレータと強力なノードを少数持つユニットを組み合わせることだが、これでは、本来の目的であるグランドチャレンジで性能を発揮することができず、国際的にも物笑いの種になることは間違いない。すなわち、世界一のスーパーコンピュータを開発する目標設定として、HPC CHALLENGE全28項目の過半数以上で最高性能を達成という目標自体がコンピュータアーキテクチャの立場からはナンセンスと言わざるを得ない。したがって、HPC CHALLENGE全28項目の過半数以上、の代わりに、HPC CHALLENGEのうちHPC AWARDの対象となる4つのプログラムで世界一を達成すること、に目標を変更することをお勧めする。これならば、計算能力、メモリアクセス能力、データ転送能力のどれをとっても世界一であることは間違いなく、表彰されることから国際的にも認知される。
2-15	HPCCについては、むしろHPC Awardsの対象とされ、全システムの性能を表す4個の指標について、世界最高を実現すると修正すべきである。HPL(LINPACKとほぼ同じ)とEP-G-TriadについてはユニットA,B全体について、Random-AccessとFFTについてはユニットB(又はA)で評価すれば、おそらくかなりの性能が得られると思われる。これらの指標は、LINPACKよりさらに幅広い性能基盤がなくては高い値が出ないものであり、消費電力、ゲート数などの制約でかなり厳しいが、相当な数値が期待できる。ユニットAまたはB単独での測定が、HPC Awardsの対象になるかは選考委員会が決めることであるが、われわれとしては、単独での数値でも世界最高であればよいと考える。
2-16	“HPC CHALLENGE全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する。”という目標に関しては、現在提案のシステムでは、理研よりの説明にもあったように達成は難しいと思われます。しかし、この28項目中の過半数で最高性能を達成するという目標は、28項目中にシステム全体というよりはシステムの部分性能を表す項目が多く含まれており、また世界で広く認識されているHPC CHALLENGEアワードの選定手法とは異なるため、アワード選定方式に沿った評価法で世界最高性能を達成することの方が、システムとしての性能をより正しく評価でき、重要と考えられます。可能であれば、“28本中過半数で最高性能を達成する”という目標から、“HPC Challenge AWARD対象4項目において世界最高性能を達成する”という目標に変更した方が、“国内外から広く世界最高と認められること”という目標を満たす上で適切と考えます。
2-17	HPCC 28項目中過半数で最高性能という目標は、世界から尊敬されるシステムであることの証として掲げられているものと認識している。作業部会でも議論されたように、この目的には「HPCC 28項目中過半数で最高性能」よりも「HPC Awardで1位」の方が世界に対するインパクトも強く、適切である。HPCC 28項目は明らかにスカラー経で高得点を得るものとベクトル系で高得点を得るものがあり、今回の理研案である「これからのスーパーコンピュータはハイブリッド系だ」という構想にそぐわず、新時代の技術を開発し、次々世代へ展開していくという技術立国日本に対しあしかせとなる危険性をはらんでいる。本プロジェクトの目的と目標の本質を見極め、「HPCC 28項目中過半数で最高性能」については目標の再考をしなければいけないと考えている。
2-18	「HPC CHALLENGE全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する。」という目標設定をHPCC Awardの評価項目で評価するほうがよい、という委員会での議論に賛同する。
2-19	HPC Challenge 過半数最高性能については、まずHPC ChallengeのS項目とP項目を指標とすること自体が不適切である。すなわちこれらは共有メモリノードの性能を測定するものであり、一般に10 PFlops級にスケール可能なシステムで高い数値を得ることは不可能に近い。なおP項目を全ノード性能の総和と考えれば過半数で最高性能となる可能性もあるが、総和では評価されないという見解だけでなく、そもそも総和評価自体が単なるシステムスケールを意味するため適切性を欠く。したがってHPCC award対象4項目での最高性能を目標とすることが適切であり、この観点では妥当な構成であると考えられる。
2-20	HPC CHALLENGEの過半数以上で最高性能を達成できない。ただし、この目標自体は、下方展開に必要な低消費電力、設置面積という制約、予算金額という制約のもとで、Linpack10PFLOPSと相容れることができないものであり、目標自身の見直しも視野に入れるべきである。
2-21	HPC Challengeについては、目標設定の変更後の内容であれば、世界最高性能であることを示す指標として適切であると思われ、目標の達成による反響は期待できると思われる。
2-22	HPC Challengeについては、HPC Awardのための性能指標を用いるほうが適切であり、今後の政府内の審査においてはより高い見地から従前の性能目標を改訂すべきと考える。
2-23	HPCC 28項目中の過半数で最高性能達成の目標は、汎用性や消費電力、コスト性能比の制約と両立しない見通しとの理研の検討結果は説得力があり、目標の再検討が必要と思われる。

	2. システム構成案の妥当性
	(1) システム構成案の詳細及び性能
	システム構成案は、消費電力及び設置面積あたりの演算性能において妥当であるか。
3-1	理研の提案する概念設計での予想される消費電力および設置面積あたりの演算性能の観点では、消費電力効率は約1.5 [MW/PFLOPS]、面積効率では約193 [m ² /PFLOPS]と予想されている。これらは従来のスーパーコンピュータの実績値および伝えられる開発中の他の推定値と比較してより高い性能指数となっており、妥当なものと考えられる。 また将来の下方展開を含む実用展開の観点からも、スーパーコンピュータセンターが許容できる消費電力と設置面積の範囲に収まることとが予想され、妥当なものと考えられる。
3-2	ユニットA,Bそれぞれは、現在の技術から考えて、妥当であると考えられる。現在、組み込み分野では、消費電力節約の技術が非常に発達しており、この分野の技術を導入することで、さらに消費電力の節約が可能である。技術者の配置を含めて検討することが望ましい。 ユニットA,ユニットBを別個に開発して接続する方法は、一般的には、消費電力および設置面積については、単独ユニットで規模を大きくするのに比べて不利である。これは、電力の分散、空冷の対処、配置の工夫がホモジニアスな構成に比べて難しいためである。しかし一方で、電力、空冷まで考えて、二つのユニットを最適に使う運用方法等の確立は学術的にも興味深いテーマであり、これに積極的に取り組みは、均一なシステムよりも有利にたつ方法を開発できるかもしれない。
3-3	性能あたりの消費電力は、半導体技術の進歩とともに下降しつつある。このトレンドの中で群を抜いて低いのはBlueGene/Lであるが、これは性能あたりのメモリ量が少ない(1B/11FLOPS)ことによるものであろう。このトレンドの中で、今回の1.5MW/PFLOPSという値は、比較的大容量のメモリ(1B/7FLOPS)としては経とうな消費電力である。 設置面積は、外部記憶装置や付属設備をどう算定するかにもよるので、断言はできないが、193m ² /PFLOPSはトレンドからみて妥当である。
3-4	ユニットAとユニットBの複合システムが1台のスーパーコンピュータとして国内外から広く認められるかについては議論が残る所ではあるが、仮に1台のシステムと認められる場合には、消費電力及び設置面積あたりの演算性能において妥当であると考えられる。
3-5	2006年8月時の目標性能1~3MW/PFに対し、1.5MW/PFと低消費電力側に構成されており、設置面積も含めて完成時点で世界最高水準になるような計画になっていると考えられるので、本システム構成案は、消費電力及び設置面積あたりの演算性能において妥当である。
3-6	F社もN+H社も同等の条件を満たしているため、混合案でも、この条件は満たされる。しかし、2つの部分の結合を密にするほど、さらに1セットのスパコンを導入するのと同様となるため、その分は不利である。
3-7	1.5MW/PFlopsおよび200m ² /PFlops以下という目標値は野心的であるが、両ユニットともこの目標値を重視した概念設計がなされていると判断する。
3-8	BlueGene/Pの推定値および過去のトレンドを上回るものであり、妥当である。
3-9	完成時点の技術水準の予測を踏まえ、妥当な数値であると考えられる
3-10	下方展開が可能な数値であり、妥当である。
3-11	妥当であろうと判断する。
3-12	本システム構成案の理論性能あたりの消費電力 1.5MW/PFLOPS、及び、面積193m ² /PFLOPSは世界のスーパーコンピュータの技術動向、完成時点での技術水準を考えると、妥当であると判断できる。但し、競争相手として想定されているBlueGene/Pの理論性能あたりの推定消費電力及び推定面積は予想完成時期を考慮するとほぼ同等の水準にあり、想定する45nmテクノロジーで直面するパラメータ変動、インタコネクタ遅延、信頼性劣化などのためにCPU設計技術によって立場の逆転は容易に起こりえることが想像される。

	2. システム構成案の妥当性
	(1) システム構成案の詳細及び性能
	システム構成案を実現するための要素技術は、現在の技術水準及び今後の見通しから判断して、システムの製作時期までに開発可能か
4 - 1	<p>理研の提案する概念設計ではシステムを構成するための主要な要素技術として、LSI技術、冷却技術、光を含むインターコネクト技術、コンパイラ等のソフトウェア技術が挙げられる。LSI技術では45nmの加工技術を用いることが提案されており2010年度から量産する予定となっているが、これは半導体技術の国際的ロードマップ検討委員会(ITRS)の予想するものとの大きな隔たりはない。とくにITRSが前提とするハーフピッチに基づく加工技術の指標に照らした場合には、45nm量産が2010年から可能であるか否かは必ずしも余談は許さないものの、今回のプロジェクトで必要な論理LSIの速度性能に大きな影響を有する電界効果トランジスタの実効ゲート長の観点に着目すれば、45nm技術相当の速度性能をもつLSIの実現の可能性は十分に期待できると考えられる。</p> <p>冷却技術や光を含むインターコネクト技術は実装技術との関連が深く、これまでの幾つかの国家プロジェクトとの関係もあり我が国が進んでいる分野でもある。コストとの関連はあるものの、システム製作時期までに十分開発が可能であると考えられる。</p> <p>ソフトウェア技術についてはAとBの各ユニット毎の基本部分には目処が立っていると考えられる。</p>
4 - 2	45ナノメートルの半導体技術の利用は、国産半導体の技術力の維持、将来性に向けて非常に重要だが、一面危険である。最新半導体プロセスの立ち上げの遅れが、このプロジェクトの進展を遅らせ、致命的な結果を招くことが十分考えられる。どこかの時点で、進展状況を評価し、どちらか一社のプロセスに絞る、あるいは、最悪の事態になった際は、他国の最先端プロセスを利用することも視野に入れることをお勧めする。もちろん、国産半導体の技術力の維持はある意味でスーパーコンピュータよりも重要な課題であるが、これは別な目標と予算で考えるべきことであろう。
4 - 3	<p>45nmの半導体テクノロジーの実用化の動向にもよるが、ハードウェアとしては、予定の通り開発可能であると考えられる。ユニットAもユニットBもプログラムから制御可能なCPU内メモリを有しているが、この制御機構やスイッチの設計は、使いやすさやコンパイラの開発にも大きく影響し、欲張ると消費電力やゲート数が増大するので、もっとも技術的な判断が要求されるであろう。</p> <p>アメリカの多くのチップメーカーも、ユニットAで考えているようなSIMD演算器の開発を進めており、これらとの競争についても留意すべきであろう。また、ユニットBの省電力型ベクトルチップは、世界的にみてユニークであり、これが有効であることが証明できれば、世界への貢献になりうる。</p>
4 - 4	システム構成案を実現するための要素技術は、現在の技術水準及び今後の見通しから判断して、理研による説明のようにシステムの製作時期までに開発可能であると考えます。
4 - 5	各ユニットのハードウェアの技術開発は、各担当メーカーでも現有技術レベルと、これまで1年以上かけて検討を積み重ねてきており、開発可能と判断している。
4 - 6	要素技術に関しては、極めて信頼性のあるわが国の計算機メーカー3社であり、信頼に足る。
4 - 7	開発可能と期待する。
4 - 8	メモリおよびユニット間結合網を除く要素技術はいずれも挑戦的なものであるが、技術動向などから考えて開発できる可能性は十分高いと判断する。
4 - 9	可能である。
4 - 10	設定された要素技術は高いものであり、新規開発も多いと思われるために必ずしも余裕のあるスケジュールであるとは思えないが、計画された開発スケジュールに乗っ取って開発が進めば、開発可能であると思われる。
4 - 11	要素技術の開発はシステムの作成時期までに、開発可能と考えられる。
4 - 12	ソフトウェア開発に要するコストの見積もりを誤ると、全体システムとしての可用性がかなり落ちる可能性があり、注意を要する。
4 - 13	<p>CPUは45nmプロセス技術を用いて2009年度に製造する計画になっているが、ITRSではMPU/ASIC M1 1/2 half pitch 45nmが製造可能になるのは2010年とされていることを考えるとかなり野心的な計画になっている。要素技術がシステムの製作時期まで開発されるかどうか、かなりのリスクがある。今後、要素技術の開発、特にCPUの詳細設計の段階では十分な検討が必要だと思われる。</p> <p>また、45nmテクノロジーでは、想定されるon-chip local clock frequency 15.1GHzの逆数であるlocal clock cycle 66ps(A)に対して、Metal1層の銅配線1mmのRC Delayは1702 ps (B)であり、その比A/Bは25.8倍に達する。この比A/Bはグローバル配線層でも7.9倍に達する。</p> <p>また、Vthの変動率は42%、性能変動率50%、消費電力変動率58%など、微細化に伴って予想されているプロセスパラメータ変動の影響が、消費電力、設置面積の目標に反映されているか、明らかでない。この辺りの検討を十分にしておかないと、システム製作に致命的な遅れの出る懸念がある。</p>

	2. システム構成案の妥当性
	(1) システム構成案の詳細及び性能
	システム構成案は、革新性、発展性、拡張性及び展開性を有するものであるか。また、我が国が継続的にスーパーコンピュータを開発していくための技術力の強化に寄与するものであるか。

革新性に関して

5 - 1	理研の提案する概念設計はユニットAとユニットBとがシステム結合網で接続された形態を取っている。このアーキテクチャの革新性の点ではスーパーコンピュータとしてのシステムの一体性にはやや難があるものの、実用性と実現性を重視した新しい試みであるとも見なすことができる。またそれぞれのユニットにおいて用いられるLSIや光インターコネクト等の先端技術の観点ではそれ自体で革新性が認められる。
5 - 2	スカラー型、ベクトル型、両者のプロセッサ構成、ネットワーク構成等、革新的な部分を持ち、かつ発展性、拡張性を有している。しかし、以下の問題がある。ベクタプロセッサは、汎用的なPCに接続して、アクセラレータとして安価に広く利用される可能性があるが、今回の提案では、これが困難である。広く普及するためには、標準化されているPCへの接続をより容易にすることが望ましい。スカラープロセッサはSPARCを用いているが、このCPUはサーバの一部を除きほとんど使われなくなっている。日本の半導体が今後とも優位性を維持できる組み込み分野で利用されているSHあるいはMIPS系のCPUの方が望ましい。
5 - 3	革新性という点では、相対的ではあるが構成要素の実現方法において、種々の革新性が見られる。コンピュータ技術は積み重ねであり、単に独創的なだけでは技術として定着しないので、革新性は限定的なものにならざるを得ない。 ユニットAにおいては、SIMDアクセラレータ付きの汎用スカラーチップであり、日本で設計制作するのは初めてとあってよい。しかもかなりのマルチコアチップである。この技術は、世界的な競争状態にあるが、その中でどのように差別化できるかがポイントである。なお、Ultrasparcアーキテクチャをベースとしている点は、提案社の歴史からやむを得ないが、将来性については若干疑問が残る。 ユニットBは、マルチコア省電力型ベクトルチップであり、これは世界的にも珍しい。CPU内メモリにより、比較的小さいメモリバンド幅でどの程度の実効性能が出るか、期待している。 両ユニットの相互接続については、コモディティを用いるということで、技術的な革新性という点では不満が残る。ただ、新しいシステムを製作するとき、あまりにチャレンジングなことばかりやるべきではないので、不満ではあるが妥当であろう。この相互接続を活用する、画期的なシステム運用ソフトを開発してもらいたい。
5 - 4	革新性については、ユニットAとBの統合システムがヘテロジニアスシステムとして革新的である旨の説明を受けたが、両ユニットを1つの統合システムとして利用するための自動負荷分散ソフトウェア(両ユニットの特性に合わせてアプリケーションプログラムを並列化し、処理を自動的に各ユニットに適切に割り当てるソフトウェア)の基本設計が不十分であり、現状では二つのスーパーコンピュータをネットワークとファイルシステムで接続したのみで、革新的な統合システムであるとは判断できない。
5 - 5	スカラーとベクトルを融合させ、あらゆる分野の計算ニーズに最適ソリューションを提供するというコンセプトは、世界に類をみない革新性の高いものである。下方展開を考えた場合、ハイブリッド型でもスカラー/ベクトル単独型でも展開でき、次々世代上方展開の中ではハイブリッド型のままでの発展だけでなく、今回のプロジェクトを通して培われる技術とノウハウを駆使すれば、スカラー、ベクトルを超越したテンソルアーキテクチャともいべき新アーキテクチャを創出することも不可能ではない。
5 - 6	従来技術のある程度の発展である、と評価している。革新というのは、CELLに対抗し、SHを使うようなレベルの提案に対する評価であるべきと認識している。改良はしているが、基本的にスパークやSXの延長であることは明らかであり、革新的であるとは言いがたい。
5 - 7	革新性、発展性、拡張性及び展開性を有するものであると判断する。
5 - 8	Unit Aのアーキテクチャは比較的保守的と考えられるが、プロセッサチップの低電力化や冷却技術は革新性が強い。また少数のコア集合を単位として階層ネットワークで結合する方式は、チップに搭載するコア集合の数を増やすことで比較的容易に発展・拡張できるものと考えられる。また中～小規模システムへの展開も比較的容易であると判断する。 Unit Bのアーキテクチャは、強い消費電力制約の下でベクトルアーキテクチャを実現するという点で、独自性・革新性が評価できる。また、やはり強い電力制約の下で、高いパイセクションバンド幅を実現するネットワーク技術も革新性が高く、少なくともシステムワイドなネットワーク技術として発展する可能性も高い。一方ベクトルアーキテクチャの発展性については、種々の境界条件・制約条件の下での最適性を追求した感があり、やや不透明感があるが、本システムの開発を通じてソフトウェア面での技術蓄積・発展がなされれば、新たな展開を期待することも可能であろう。
5 - 9	革新性、拡張性、展開性は有している。

発展性に関して

5 - 10	発展性と拡張性については各ユニットともに柔軟な結合ネットワーク構成をとっており、上方展開、下方展開、応用分野に応じたユニット演算能力比率等の点からは良好なアーキテクチャであると考えられる。
5 - 11	スカラー型、ベクトル型、両者のプロセッサ構成、ネットワーク構成等、革新的な部分を持ち、かつ発展性、拡張性を有している。
5 - 12	発展性については、両ユニットの基幹技術が今後どう発展するかが問題である。両技術の融合もありうると考えられるが、現在の段階では見えていない。両ユニットの結合技術については、時間があればもう少し高度な接続が考えられるであろう。
5 - 13	発展性、拡張性、展開性は問題ないと思われる。
5 - 14	拡張性、発展性は、本システムとして、具備する仕様を詳細設計で行えば良い。
5 - 15	革新性、発展性、拡張性及び展開性を有するものであると判断する。
5 - 16	発展性については、両CPUの融合が視野にあるとしているが、ハードウェア結合を放棄した段階では、真の融合が視野にあるとは思えない。
5 - 17	異種ユニットのコモディティインタコネクト技術による結合は将来のスパコンアーキテクチャへの一つの提案と考えることができ、発展性に優れていると評価できる。

拡張性に関して

5 - 18	発展性と拡張性については各ユニットともに柔軟な結合ネットワーク構成をとっており、上方展開、下方展開、応用分野に応じたユニット演算能力比率等の点からは良好なアーキテクチャであると考えられる。
5 - 19	スカラー型、ベクトル型、両者のプロセッサ構成、ネットワーク構成等、革新的な部分を持ち、かつ発展性、拡張性を有している。
5 - 20	拡張性については、現在の案は予算や消費電力で制約されているので、制約がゆるめられれば、ある程度スケラブルであると判断される。
5 - 21	展開性としては、今回両ユニットに異なる技術を発展させることにしたので、これが今後どう技術展開されるかが問題である。どちらかが残るか、より高度な結合をしたものが残るか、また両技術が融合したものが残るか、など現在では見えない。
5 - 22	発展性、拡張性、展開性は問題ないと思われる。
5 - 23	拡張性、発展性は、本システムとして、具備する仕様を詳細設計で行えば良い。
5 - 24	革新性、発展性、拡張性及び展開性を有するものであると判断する。
5 - 25	革新性、拡張性、展開性は有している。
5 - 26	最終的に2つのユニットを結合したシステムの開発となったことから、拡張性・展開性については高いものとなった。
5 - 27	Unit Aのアーキテクチャは比較的保守的と考えられるが、プロセッサチップの低電力化や冷却技術は革新性が強い。また少数のコア集合を単位として階層ネットワークで結合する方式は、チップに搭載するコア集合の数を増やすことで比較的容易に発展・拡張できるものと考えられる。また中～小規模システムへの展開も比較的容易であると判断する。 Unit Bのアーキテクチャは、強い消費電力制約の下でベクトルアーキテクチャを実現するという点で、独自性・革新性が評価できる。また、やはり強い電力制約の下で、高いパイセクションバンド幅を実現するネットワーク技術も革新性が高く、少なくともシステムワイドなネットワーク技術として発展する可能性も高い。一方ベクトルアーキテクチャの発展性については、種々の境界条件・制約条件の下での最適性を追求した感があり、やや不透明感があるが、本システムの開発を通じてソフトウェア面での技術蓄積・発展がなされれば、新たな展開を期待することも可能であろう。
5 - 28	異種ユニットのコモディティインタコネクト技術による結合は将来のスパコンアーキテクチャへの一つの提案と考えることができ拡張性に優れていると評価できる。

展開性に関して

5 - 29	Unit Aのアーキテクチャは比較的保守的と考えられるが、プロセッサチップの低電力化や冷却技術は革新性が強い。また少数のコア集合を単位として階層ネットワークで結合する方式は、チップに搭載するコア集合の数を増やすことで比較的容易に発展・拡張できるものと考えられる。また中～小規模システムへの展開も比較的容易であると判断する。 Unit Bのアーキテクチャは、強い消費電力制約の下でベクトルアーキテクチャを実現するという点で、独自性・革新性が評価できる。また、やはり強い電力制約の下で、高いパイセクションバンド幅を実現するネットワーク技術も革新性が高く、少なくともシステムワイドなネットワーク技術として発展する可能性も高い。一方ベクトルアーキテクチャの発展性については、種々の境界条件・制約条件の下での最適性を追求した感があり、やや不透明感があるが、本システムの開発を通じてソフトウェア面での技術蓄積・発展がなされれば、新たな展開を期待することも可能であろう。
5 - 30	展開性としては、今回両ユニットに異なる技術を発展させることにしたので、これが今後どう技術展開されるかが問題である。どちらかが残るか、より高度な結合をしたものが残るか、また両技術が融合したものが残るか、など現在では見えない。
5 - 31	発展性、拡張性、展開性は問題ないと思われる。
5 - 32	革新性、発展性、拡張性及び展開性を有するものであると判断する。
5 - 33	革新性、拡張性、展開性は有している。
5 - 34	最終的に2つのユニットを結合したシステムの開発となったことから、拡張性・展開性については高いものとなった。
5 - 35	異種ユニットのコモディティインタコネクト技術による結合は将来のスパコンアーキテクチャへの一つの提案と考えることができ展開性に優れていると評価できる。

力強化に関して

5 - 36	我が国の継続的スーパーコンピュータ開発の観点では、世界的傾向にそったユニットAと従来から我が国の技術が強いベクトル演算機構を併せ持つユニットBとを開発していくことで、差別化技術を維持しつつ世界で認められる計算機を開発する基盤を強化することが期待される。またスーパーコンピュータの実現に不可欠なLSI技術の強化の面においても、米国の論理LSIアーキテクチャに基礎をおくユニットAとともに独自の強い論理LSIアーキテクチャを用いるユニットBを合わせ開発することで、製造技術だけでなく我が国の論理LSIアーキテクチャ設計力の強化に寄与するものと期待される。
5 - 37	スカラー型、ベクトル型、両者のプロセッサ構成、ネットワーク構成等、革新的な部分を持ち、かつ発展性、拡張性を有している。しかし、以下の問題がある。ベクタプロセッサは、汎用的なPCに接続して、アクセラレータとして安価に広く利用される可能性があるが、今回の提案では、これが困難である。広く普及するためには、標準化されているPCへの接続をより容易にすることが望ましい。スカラプロセッサはSPARCを用いているが、このCPUはサーバの一部を除きほとんど使われなくなっている。日本の半導体が今後とも優位性を維持できる組み込み分野で利用されているSHあるいはMIPS系のCPUの方が望ましい。
5 - 38	提案システムが我が国が継続的にスーパーコンピュータを開発していくための技術力の強化に寄与するものということについては、大きく寄与するものであると考える。しかし、2015年頃以降も踏まえた継続性を考えてみるとスーパーコンピュータ自身の市場は大きくなく今後の急激な拡大も期待できないため、メーカーが継続的に開発を続けるためにはスーパーコンピュータの中核部分であるプロセッサ技術が、市場が大きく我が国の情報系企業の利益の源泉となっている情報家電(携帯電話、デジタルTV、DVD、カーナビ等のデジタル家電)の国際競争力強化に貢献できるようにする等の戦略立案が必要と考える。例えば、スーパーコンピュータ技術の開発が以前のメインフレームの技術牽引になったように、スーパーコンピュータ技術が情報家電におけるプロセッサ技術、低消費電力化技術、ソフトウェア並列化技術、高密度実装技術等の牽引力となり、その分野での利益が次のスーパーコンピュータ開発に使えるような仕組みを合わせて考えていくことが重要と考える。

5 - 39	<p>スカラー系に集中すべきとの意見もあるが、スカラー系で世界一を奪取しても米国にすぐに抜かれることは明らかであり、その時になってベクトル系を捨てたことを後悔することは明白である。それよりは、スカラーとベクトルのハイブリッド系を日本型スタンダードとして推進する現在の案の方が国家的技術力向上に大きく貢献できるものと思う。</p> <p>また、一社だけに資金を集中してしまうと、他社がスパコン開発から撤退を余儀なくされてしまう結果を招くことが懸念されている。そうすると企業間競争原理も働かなくなって技術力向上は鈍化し、生き残った一社もついには米国企業に買収されるという悲劇が待っているに違いない。</p>
5 - 40	<p>継続的にスーパーコンピュータを開発していくための技術力強化に寄与する、というのも、程度問題であり、現状の近い将来に対する延命策として認められる。</p>
5 - 41	<p>技術力の強化に寄与すると判断する。</p>
5 - 42	<p>継続的なスパコンの開発のための技術強化としては、国内における競争力を残す形となったことから、技術力の強化に寄与すると思われる。</p>
5 - 43	<p>A ユニットとB ユニットとの緩い結合という提案の方式は、国内3社のそれぞれのスパコン開発力を7, 8年維持するための極めて高度な配慮による判断であるが納得できる。この判断がより長期的な見地から妥当であるかは、歴史に任せるしかないと思われる。</p>
5 - 44	<p>次々世代の技術オプションの発展を考慮し、世界的主流となっているスカラプロセッサと我が国の強みを持つベクトルプロセッサの改良型を同時に開発することは、今後の継続的なスーパーコンピュータの開発力育成を狙ったものであり、本プロジェクトの目的に照らして、将来の国際競争力強化の観点から評価できる。</p>

	2. システム構成案の妥当性
	(1)システム構成案の詳細及び性能
	システム構成案は、それを基に大学や研究機関向けの計算機システムを構築することを可能とするものか。また、それを実施する場合に、消費電力、設置面積及び将来の拡張性の面で、適当なものとなるか。
6-1	理研の提案する概念設計は理研の提案する概念設計はユニットAとユニットBとがシステム結合網で接続された形態を取っており、上方展開、下方展開ともに拡張性が高く、各ユニット単独での実用展開の可能性も高い。また、大学や研究期間のスーパーコンピュータセンターが必要とする演算能力を許容範囲内の消費電力と設置面積で実現できることが予想されており、適当なものと考えられる。
6-2	現在の案は、大きな予算を持つ国立の拠点大学への導入は可能であろう。しかし、私立大、地方の大学にまで普及させるためには、組み込み技術との融合により、コスト、消費電力、設置面積を改善することが望ましい。また、汎用PCとの接続、標準バスの充実、CPUの変更によりより拡張性が高まると考えられる。
6-3	消費電力、設置面積などの面で、大学や研究機関、さらには企業現場でも、それぞれの要求に応じたシステムが構築できる構成になっている。 大きなセンターでも、消費電力は1.5MW以下、面積は600m ² 程度であるが、このシステムなら1PFLOPS程度のコンピュータが設置できる。神戸に設置するシステムとしても、下方展開で設置するシステムとしても、適切であると考えられる。
6-4	システム構成案は、それを基に大学や研究機関向けの計算機システムを構築することを可能とするものかについては、可能とするものと考ええる。 消費電力、設置面積及び将来の拡張性の面においても、問題はないと考える。
6-5	本ハイブリッド型アーキテクチャは、大学や研究機関向けの下方展開を考えた場合、その機関ごとのニーズに合わせて、ハイブリッド型、スカラ型、ベクトル型それぞれでの構築が可能であり、有用性が高い。消費電力、設置面積の制限を考えても、最大で1PFLOPS級のスパコンを設置していくことが可能な構成になっている。拡張性の面では、ハードウェア的には両ユニットの独立性が高いため、それぞれのユニットを単独に拡張していくことが可能であり、しかもその拡張はハイブリッドシステム全体で見るときにも拡張された性能を引き出せることが容易に期待できる。
6-6	十分に下方展開が可能であると判断する。ただし、世界の市場の相当部分を確保しない場合には、高価格となり、利用者から歓迎されることは困難になる。トップ500の中に数台しか入らないシステムを下方展開しても、購入する機関がどれだけ出るかに関して疑問を持たざるを得ない
6-7	可能であり、適当なものであろうと判断する。
6-8	両ユニットとも、中～小規模システムへの展開が比較的容易な構成であり、特にUnit AはTFlopsレベルの小規模システムまで展開可能と思われる。ただし、Unit Aについてはネットワークアーキテクチャが10 PFlopsレベルのシステム実現に焦点を絞った感があり、下方展開にあたってはよりタイトな結合網への置換も(ベンダーレベルでは)視野に入れるべきであろう。Unit BについてはTFlopsレベルまでの下方展開は考えにくい。大学・研究機関でのセンター的高性能システムの構築は十分可能であると判断する。
6-9	適当である。
6-10	大学や研究期間向けの下方展開としては、十分に期待できると思われる。特に、2つのユニットが開発されることを考えると、導入機関の特性に合わせた選択が可能となる。
6-11	AユニットとBユニットの個別の下方展開が可能であると判断する。
6-12	統合システム、ユニットA、ユニットBのいずれも下方展開時の制約条件を満たしていると考えられる。

	2. システム構成案の妥当性
	(2)システムの機能
	ターゲットアプリケーションについての実効性能は、十分であると評価されるか。
7 - 1	理研の提案する概念設計に立脚して、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、地球科学、計算物理、および光学分野における7種類の主なターゲットアプリケーションについて実効性能推定結果を示している。これらの結果から判断して大小はあるものの、いずれの場合もPFLOS級の性能を示しており、利用者から見て十分な実効性能を有するものと思われる。
7 - 2	LINPACKだけでなく、21本の代表的ソフトについて性能を推定してシステム設計を行っており、必要な実効性能を出すことができると考えられる。 同時に、このシステムを前提とした新しい応用ソフトの開発も行うべきであり、その場合、さらに性能が向上することが期待される。
7 - 3	主要7アプリケーションのベンチマークテストは、アプリケーションコアの部分だけでの検証であったり、スカラー向き/ベクトル向きの解析などがされていないという点で満足のいくものではないが、実行性能はおおむね十分な結果を示している。
7 - 4	ベンチマークの結果からは、F社とN+H社、両方に関し、十分な性能が発揮されると判断される。しかし、2システムを組み合わせたシステムが、「そのカタログ性能」のどこまでを達成できるかは、データもないので判断しかねる
7 - 5	ある程度評価される。 現在提示されている性能推定のグラフでは、アプリケーションの特徴のうち、演算の特徴の把握が困難であるため、追記が望まれる。
7 - 6	一般論としてピーク性能比10~50%という値は高く評価できる。
7 - 7	消費電力という制約のもとで高い実行性能である。
7 - 8	予測される実効性能としては十分評価できると思われる。
7 - 9	選定された7本のターゲットアプリケーションの詳細が分からないため、示されている実効性能を上げることにより、我が国の科学技術・産業競争力を高めるためにどの程度貢献できるか判断できない。現時点では、示されている実効性能で十分であるかは判断できない。
7 - 10	Aユニット、Bユニットはアプリケーションごとに実効性能の優劣があるが、その優劣にしたがってA、Bどちらかを優先して用いれば、ターゲットアプリの実効性能は確保できると思われる。
7 - 11	7本のターゲットアプリケーションによる性能数値の結果は十分であると評価できる。

	2. システム構成案の妥当性
	(2)システムの機能
	その他の広範な分野におけるアプリケーションについても十分な実効性能を出すことが可能か。
8-1	理研の提案する概念設計に立脚して推定した、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、地球科学、計算物理、および光学分野における7種類の主なターゲットアプリケーションで用いられるアルゴリズムは比較的広範な計算アルゴリズムを包含しており、他の分野においても高い実効性能が得られるものと考えられる。
8-2	システム最適化に用いたターゲットアプリケーションには多くの異なるアルゴリズムが含まれており、またHPCC Awardsで指標となる性能は多様な要素が含まれており、広範な応用で高い性能を出すことが期待できる。 ただ、このレベルのコンピュータでは、かならずしも得意でない処理が存在し、それを多用する応用では性能がでないこともありうる。汎用は万能ではないことに注意が肝心である。
8-3	主要7アプリケーションには、HPCC Awardで要求されるような異なるスパコン性能を要求するものが、企図しなかったとはいえバランスよく含まれており、その他の広範な分野におけるアプリケーションについても、それらが標準的な汎用OSと言語で作られている限り、十分な実行性能を引き出せるものと考えられる。
8-4	F社およびN+H社の提供する別々な計算機として運用する場合には、同様の性能が期待される。 1システムとして、自動コンパイル・自動実行ができるとは思われない。 実運用においては、システム全体を使うジョブはほとんどないと思われるので、F社とN+H社部分を、それぞれに向けたアプリケーション用に別々に活用すれば、性能を引き出せる。
8-5	代表的なアプリケーションについての評価が、他のアプリケーションにも適用されることを期待する。
8-6	100万コアに近い規模にスケールするアプリケーションが、広範な分野で存在するか否かは疑問であるが、アプリケーションのスケラビリティに応じた実効性能を得ることができる構成であるとは言える。すなわち、本来スケールすべきアプリケーションの実効性能を不当に制約するような欠点は、特に見当たらない。
8-7	消費電力という制約のもとで高い実行性能である。
8-8	2ユニットとも、基本的には現状で稼働中のシステムの展開であることから、十分期待できると思われる。
8-9	現時点で示されているデータからでは、その他の広範な分野のアプリケーションについて十分な実効性能を出すことが可能か判断することは困難。
8-10	A ユニット、Bユニットはアプリケーションごとに実効性能の優劣があるが、その優劣にしたがってA、Bどちらかを優先して用いれば、ターゲットアプリの実効性能は確保できると思われる。
8-11	ユニットAとユニットBをコモディティコネクタ技術で結合するアーキテクチャが真に効果を発揮するアプリケーションが現時点で十分明確になっていない。

	2. システム構成案の妥当性
	(2)システムの機能
	システムソフトウェア(OS、ライブラリ、コンパイラ等)はシステムの性能を十分引き出すものであるか。

各ユニットのシステムソフトウェア

9-1	各ユニットに固有のシステムソフトウェアはこれまで確立した基盤もあり、その範囲でシステムの性能を従来通り引き出すものであることが期待される。 ただし、各ユニット固有のシステムソフトウェアであっても、従来からプログラムの明示的記述に依存する部分も多く、全自動でシステムの性能を十分引き出せるものでは必ずしもないと考えられる。
9-2	OS、ライブラリ、コンパイラは検討不足であるように思える。
9-3	これから開発するものであり、現段階で正確な評価はできない。 開発体制のなかで、これまではアーキテクチャに重点があったが、今後はシステムソフトにも重点を置くことが表明されており、今後の展開が期待できる。 特に、このようなマルチコアのシステムの性能を引き出すコンパイラが大きな課題であると思われる。
9-4	ほぼ妥当であろうと判断する。
9-5	ハードウェアに比較して提示された情報が少ないため判断が困難であるが、両ユニットとも性能を引き出すためのポイントは的確に押さえられているという印象である。
9-6	妥当である。
9-7	各ユニットのシステムソフトウェアは十分に性能を引き出すものと思われる。
9-8	A ユニット、B ユニットそれぞれに、システムソフトウェアの開発・最適化が必要になりコスト面で心配な面がある。このため、ソフトウェアへの投資額に十分配慮する必要があるが、その点をのぞけば、性能は引き出せると判断できる。

統合システムとしてのシステムソフトウェア

9-9	多数の演算ユニットを効率的に運用し、特に、2つのユニットを有機的に運用するためのソフトウェア開発には未知数の部分が多く、世界的にみても大きな課題であると考えられる。逆に言えば本プロジェクトを通じてこれらのソフトウェア開発が促進され、米国に比べ遅れがちなこの分野において我が国の地位を向上させる効果を期待するものである。
9-10	特に二つのユニットを効果的に用いるためには、高い技術が必要であり、今後、この分野に注力する必要がある。
9-11	統合フロントエンド部の出来、不出来が本システムの価値を決めるといっても過言ではない。 しかしながらこの部分の構想は2007年5月に入ってからできたもので、責任者も決まっておらず具体的な検討がなされているとは考えがたい。 十分な検討を重ねて、本システムが2つのコンピュータを単純につなげたものではないことを誰にでも印象付けるだけのソフトウェア構想を練るべき。
9-12	1システムソフトウェアとして構築できるとは判断しかねる。F社とN+H社のシステムソフトウェアに対し、適切に仕分けをする「上掛けプログラム、ラッパー」を用意してもなかなか利用者が使ってくれるかどうかは分からない。それよりも、2つある、と言った方が良いと判断する。つまり、2システムの結合であると表示することが、運用上、重要である。
9-13	開発予定の統合システム・ソフトウェアの機能の充実が重要である。
9-14	統合システムとしての機能の実際について未知の部分が多いと考える。
9-15	統合システムに対するシステムソフトウェアはまだ基本設計と言えるレベルの設計でなく、十分の性能を引き出すものとは判断できない。
9-16	両ユニットを有機的に結合する「統合ユーザ管理機能」については検討が十分になされているとは思われない。各ユニット担当メーカーが現在保有するプロトタイプハードウェアを連結して早い時期から統合ソフトの方向性と可能性、問題点を抽出しながら詳細設計を行っていくなどの、開発チーム方針や体制を示さないかぎり、ソフトウェア面での開発可能性を判断することはできない。
9-17	最終案が2つのシステムからなり、またそれらの統合を目指すことから、真の統合のためのソフトウェアの整備に関する部分について記載がないこともあり、この点についてのシステム開発時期までの開発可能性について疑問が残る。
9-18	コンパイラに関しては、ユニットA、Bとも1CPU内マルチコアの自動並列化を行うと述べられているが、システム中の多数のプロセッサに処理を割り当てるための自動並列化機能の開発は計画されておらず、十分な性能を引き出すものとは判断できない。
9-19	ソフトウェアの面では複合システムの効率的運用という新しい課題を提起しているものであり、この方面での多くの研究者に開発のインセンティブを与えることが期待される。
9-20	両ユニットを幅広いユーザが効率的に利用できる総合システムソフトウェアについては未知数が多く、今回のプロジェクトでの開発努力に期待する面が大きい。
9-21	システムソフトウェアについては、2ユニットを組み合わせた利用については、不明である。
9-22	統合システムとしての性能を十分に引き出すシステムソフトウェア機能になっているかは現時点での情報からは評価できない。

	2. システム構成案の妥当性
	(2)システムの機能
	システムソフトウェア(OS、ライブラリ、コンパイラ等)は幅広い利用者が利用することが可能なものか。
10-1	理研の提案する概念設計は理研の提案する概念設計はユニットAとユニットBとがシステム結合網で接続された形態を取っているが、ユニット毎のシステムソフトウェアは標準的のものが利用可能であると期待される。より幅広い利用者が利用するには従来のライブラリベースの利用方法より一段と進んだコンパイラ技術が要望されるが、世界的な技術水準からみても必ずしも容易ではなく本プロジェクトが契機となってシステムソフトウェア技術が進展することを期待するものである。
10-2	現時点では、幅広い利用者が利用することは可能であっても、システムソフトウェアによる性能チューニングが十分できないように思える。
10-3	開発計画によると、汎用性の高いシステムを設計開発するとのことである。ただ、世界最高のシステムであるから、これを使いこなすにはある程度の習熟と経験が必要である。そのエキスパートを共有、伝承する体制が必要であろう。
10-4	幅広い利用者が利用することの可能性については未知数が多く判定しかねる。
10-5	基本的にUNIXであり、問題ない。 MPI等に関しては、利用者の便宜を図る組織が必要である。 利用者に対してシステムの利用効率を上げる仕事までを要求するのは研究上支障を来たしかなないので、支援が大事である。
10-6	標準的な規格が使用されていると判断する。
10-7	両ユニットとも、現時点での主流であるソフトウェアアーキテクチャを採用しており、特に利用困難な点は見当たらない。 ただし巨大なスケールでの高性能計算には様々な困難が予想され、既存のソフトウェアアーキテクチャに対する上積みが強期待される。
10-8	幅広い利用者の利用が期待できるものであると思われる。
10-9	統合システム用ソフトウェアに関してはまだ基本的な設計案が示されておらず、幅広い利用者が利用できるものであるとは判断できない。 コンパイラに関しても、システム中の多数のプロセッサに処理を割当て、プロセッサ間データ転送を最小化するようにデータをプロセッサ近接のメモリに分散するシステム全体にわたる自動並列化機能は用意されておらず、大規模システムをMPIで使いこなせる高度な知識と経験をもつエキスパートユーザのみが利用できる可能性があるシステム構成になっている。 ただ、この点は10PFLOPSにも達する大規模システムの場合、世界のどの国においても、幅広い利用者が簡単に利用することを可能とするシステムソフトウェア技術は確立されておらず、現時点ではやむを得ない。
10-10	A ユニット、B ユニットそれぞれに、システムソフトウェアの開発・最適化が必要になりコスト面で心配な面がある。このため、ソフトウェアへの投資額に十分配慮する必要があるが、その点をのぞけば、性能は引き出せると判断できる。
10-11	統合システムとして十分な性能を引き出す運用を可能にするシステムソフトウェア機能が幅広いユーザーに利用可能かどうか、現時点では評価できない。

	2. システム構成案の妥当性
	(3)システムの運用
	計算機資源の効率的な配分等により、多数の利用者がシステムを多様な用途に利用することが可能か。
11-1	理研の提案する概念設計はユニットAとユニットBとがシステム結合網で接続された形態を取っており、それぞれがスカラー型とベクトル型の異なったアルゴリズムに適応できる構成であることから、複数ユーザによる同時利用形態でその最大能力を発揮できるものと考えられる。くり返し述べているように今回の2つのユニットから構成される複合システムでは、全自動で最適ジョブ配置を行う統合システムは研究段階のものであり、自動的に効率的資源配分が可能か否かは予断を許さないが、少なくともハードウェア構成上はその高い可能性を有しており、今後の開発努力に従って、自動/半自動ジョブ管理システムにより効率的資源配分が達成できるものと期待できる。
11-2	アーキテクチャとしては、可能な構成であるが、システムソフトウェアの検討が不足しているように思う。
11-3	これについては、運用ソフトにかかっている。特に、二つのユニットをどう切り分けるかなど、新しい問題もある。理研は、これまで自分のセンターでの経験もあるので、妥当な運用システムが開発されることが期待できる。
11-4	各アプリケーションが採用しているアルゴリズムに合わせて最適な計算環境が選べる構成であり、実用ステージに入ってから多様な用途での利用は、効率的計算機資源配分により実現可能と考えられる。
11-5	可能と判断。
11-6	複合システムであり、多様な用途での利用が可能であると判断する。
11-7	Unit Aは小規模な3次元トラスの効率的なマッピングが重要な技術課題となるものと予想される。本システムの運用に際しては、ある程度の制約を課したマッピング/パーティショニングが許容されるものと考えられるが、下方展開の際にはネットワークアーキテクチャの置換も含めた工夫が必要と思われる。Unit Bについても、マッピングにある程度の工夫が必要ではあるが、比較的容易に資源配分が実現できるものと予想される。
11-8	スケーラブルな構成になっているので、利用は可能である。
11-9	2つのユニットを有することからソフト的に効率を上げることを可能としなければならない。予定では多様な用途への対応が記載されているが、実際には運用段階を想定した運用方針を待つ部分が多いと考える。
11-10	多数の利用者がシステムを多様な用途に利用することは可能。運用方針については今後の検討と説明されており、評価できない。
11-11	A ユニット、B ユニットの緩い結合という形であるために、異なるタイプのユーザを引きつけられるので、潜在的な利用者数はより多くなると考えられる。
11-12	統合システムを多数の利用者が多様な用途に利用することは理論的には可能であるが、現実的な評価は現時点ではできない。

	2. システム構成案の妥当性
	(3)システムの運用
	システムの部分的な故障時等に、全体の運用に影響を及ぼさない仕組みは構築されているか。また、迅速な修理等は可能か。
12-1	理研の提案する概念設計は理研の提案する概念設計はユニットAとユニットBとも従来の概念でのRAS設計がなされていると考えられ、システムの部分的障害に適応できる能力を有すると判断される。 さらに2つのユニットがシステム結合で繋がった複合システムであることから、一方のユニットの障害を他のユニットから切り離せる余地が通常の単一ユニットシステムに比較して大きいと考えられ、統合システムソフトウェアの機能を充実することでより高い障害対応能力を持つことが可能であると考えられる。
12-2	全体として耐故障性に対してはアーキテクチャ上の配慮は十分行われていると思う。 運用ソフトウェアについても、現在の地球シミュレータなどの実績からかなり期待できる。
12-3	故障対策は、このような多数の構成要素から成るシステムでは絶対必要であり、設計においても十分考えられている。CPU、ネットワーク、ファイルなどには十分なRAS機能が付加されている。
12-4	これは、関係メーカーの責任体制の問題であるし、保守料の支払い額の問題である。
12-5	障害時管理機能など、障害時の対応がなされていると判断する。
12-6	Unit Aのネットワークアーキテクチャでは、耐故障性の確保が重要な技術的課題となることが予想されるが、障害回避策の検討は妥当な方向で進められていると判断する。 Unit Bではスイッチ故障への対応が課題となるが、これについても検討の方向は妥当と判断する。 また両ユニットともCPUやノードの高信頼性への注力が印象的であり、高く評価できる。 ただしシステム規模から考えて、構成要素の信頼性の向上が1～2桁であったとしても、やはり故障はかなりの頻度で発生するものと予想され、ソフトウェアを中心に故障を前提としたシステムアーキテクチャを構築すべきである。
12-7	信頼性確保、障害時の縮退運転など考慮されている。
12-8	妥当な対策が打ち出されていると考える。
12-9	ユニットA、Bともハードウェアの基本的RAS機能を装備していることは説明されているが、運用方針に沿ったソフトウェアを含むシステム全体の保守、運用については詳細設計で検討するとの説明を受けているため、現時点では評価できない。
12-10	常識的技術を用いることで、運用上大きな問題はないと考えられる。
12-11	ユニットAとユニットBのRAS機能の一貫性が保証されるかどうか現時点で十分な情報が提供されていないので、全体システムとして、目標を達成するのに十分なRAS機能が実現されるのか、不明である。 システム全体の保守、運用については詳細設計で検討する、としているが、これはアーキテクチャの段階で十分検討すべき事柄。 従来のような個別のハードウェアのRAS機能の積み上げで統合システムのRASが実現される保証は全くない。 また、個別ユニットにおいても、45nmテクノロジーで予想されている Vthの変動率42%、性能変動率50%、消費電力変動率58%などが、従来のRAS機能で十分か検討が必要。 RASを向上させるには、ハードウェアの故障だけではなく、運用時の操作ミス、メンテナンスミスに対する対応もシステム設計の段階で十分検討する必要がある。

	3.その他
	以上その他、システム構成案の妥当性に関して、全体的なご意見や、その他特段のコメント等ございましたら、ご自由にお書きください。(2ユニットから構成されるシステム、ユニットA,Bの構成比、その他)
13-1	今回の理研による概念設計を我が国におけるLSI技術の強化の観点で考えると、ベクトル演算機能を有する独自のLSIアーキテクチャをもとにしたユニットBの果たす役割は大きいと言える。 一方、世界のスーパーコンピュータの開発傾向をみると、LSIアーキテクチャの面では「借り物」の要素を持つユニットA方式に近いものをもつものも多く、この方面での研究開発もおろそかにできない。 このような一種のジレンマの中で、今回の概念設計の提案があったわけであるが、米国においても複数のプロジェクトで異なった方式の可能性を追求している面もあり、また、産業政策上も1社/1集団による独占的スーパーコンピュータの開発は長期的に見て得策とは言えないと考えられる。 異なるコンセプトによる2つのユニットの複合体としての今回の提案は、学術的には「美しい」構成とは必ずしも言えないが、多くの実用上の可能性と将来性を包含している点が大きく、与えられた予算、期間および産業界のこれまでの実績等の制約下で編み出した「苦心の作」と評価できる。
13-2	ユニットA、Bを接続するという現在の構成はどうしても汚いもののように思える。 これをカバーするためには、将来計画を含めて、このヘテロ構成のアーキテクチャが良いことを理論付ける。運用、スケジュールのためのソフトウェアを充実させる、アプリケーションもこの両ユニットの効果的な利用を考える。ことが必要である。 政治的、国内産業育成的な観点でこの構成を選んだというように誤解されないことが重要である。 また、手段を選ばず一位を奪取した、というように考えられないことが重要である。 地球シミュレータは、下方展開という点は、BlueGeneに比べて失敗したと思うが、少なくともこのマシンが米国のアーキテクトに与えた衝撃は大きく、現在ベクトル型を見直す機運すら広がっている。 コンセプトを確立して、強い意思でプロジェクトを推し進めることで、同様のリスペクトを得られることが、プロジェクトの成功に繋がると考える。
13-3	本システムは「汎用スーパーコンピュータ」ということになっているが、すべての面で万遍なく要求を満たそうとすると、中途半端なものになる可能性がある。場合によっては、さまざまな応用から要求される性能要求を一部切り捨てることも必要である。それによって、特徴のある、多くの応用で高い性能を出すシステムが実現する。
13-4	日本の科学技術の向上維持、多様なアプリケーションの実用可能性、産業育成、下方展開の多様性、新アーキテクチャとしての革新性、世界からの認知、いずれを取っても理研案は実現可能性があり、しかも夢のある構成となっていると考えている。 一方のユニットに集約して開発すべきとの意見もあるが、世界最速という勳章が得られるだけで、アプリケーション応用にも、産業育成にも、下方展開の多様性にも、新アーキテクチャの革新性にもネガティブな影響しか残すことができない。なによりも議論が1年半むだになり、スタートラインが数年遅れることにもなる。現存アーキテクチャを適当に改良してスケールメリットだけで世界最速になっても、科学技術の革新的前進は望めない。文科省の設定した目的・目標は達成されないのである。 10P:3Pの問題も、実用アプリケーションのニーズの比重から考えて妥当な配分である。また両アーキテクチャの革新的技術開発のインセンティブとしても適切な目標値である。さらにLinpack 10PFはこの比率でシステム開発した場合に達成できることが試算されている目標値である。また参加開発メーカーも1年以上の調整の未合意に達した数値でもある。3Pの理論的根拠が薄いのご意見もあるが、理屈から算出すべき値ではなく、ニーズや技術開発、発展性などからバランスよく導き出すものであり、その意味で10P:3Pは適切な配分値である。 本構成案の革新性を内外にアピールし、2011年に遅滞なく世界に誇る国産スパコンを誕生させるべき。
13-5	2011年の、我が国における汎用スーパーコンピュータセンター用として、望ましいシステムとなる。それは、ベクトル機にチューニングしたプログラム資産の活用と、並列機用に開発されたプログラムの両方が効率よく実行できる環境を提供するからである。 我が国のメーカーは、今までに、納期を遅らせるようなことはなく、本システムも稼働時期も含め、省エネルギー条件も含め確実に構築されるものと信じている。 利用者からみて、安定運用が行われることが一番大事であり、革新的なシステムが使いやすいことはない。 しかし、将来の日本メーカー育成という観点から、現状技術の延長を推し進めるのが良いのか、真に革新的な1システムを競争的に構築する案を育てるのは別問題である。
13-6	評価結果の公表においては、専門でない方にも理解しやすい論理性のある説明が求められている。
13-7	2ユニット統合アーキテクチャの是非、および両ユニットの性能バランスについては、純技術的に判断することが困難である。 提案のようなシステム構成の妥当性等については、産業/科学技術政策的な観点をより強く打ち出すべきではないかと考える。
13-8	2つのユニットからなることから、一つのコンピュータシステムとした認識を世界にアピールできるかどうかについて不安が残る。
13-9	・Linpackで10ペタFLOPSを達成する(平成23年6月のスーパーコンピュータサイトTOP500でランキング第1位を奪取)。 を達成し、世界最速と国内外から広く認められるためには、二つのユニットを統合した1つのシステムであるという説明がなくてもその性能が世界最速と認められるよう、ユニット単体でも平成23年6月のスーパーコンピュータサイトTOP500でランキング第1位をとれるシステムにすべき。
13-10	Aユニット、Bユニットの緩い結合というシステム構成案は、大変高度な判断から提案されたものと推察できる。ややもすれば、この提案の方式は単体のスパコンシステムとみなしにくい面がある。 しかし、Aユニット/Bユニットを個別により大規模にしたものから、どちらかを選択するというのも、国内3社のスパコン開発力を維持するという観点からは難しい。この難しさは広く理解されるべきであり、政府内においても共有されるべきである。 また、Aユニット、Bユニットのピーク性能比率が、おおよそ10:3になるように概念設計がされているが、これについてもう少し合理的な説明がなされるべきである。
13-11	ユニットA、ユニットBを接続する構成は、これが一つのシステムとしてみなすことができれば、プロジェクトの目的及び目標を達成するために、現時点で考える方法の中で、妥当なものの一つである。しかし、この構成は、見方によっては、全く異なる二つの計算機を一般的なネットワークで接続しただけで、一つのシステムとしてみなされない可能性があり、この場合、目的を達成したとはみなされない可能性がある。一つのシステムとして有機的に機能するためのコントロール用ソフトウェア、スケジューラ、コンパイラの充実が必要である。アプリケーションについても、A,B両ユニットを効果的に活用するための疎粒度のジョブ分離を行う工夫が必要である。さらには、このようにヘテロ構成の疎粒度構成のスーパーコンピュータが今後のハイパフォーマンスコンピューティングに望ましい構成の一つであることを、将来のビジョンを含め、提案して、推進する必要がある。
13-12	ユニットAで10PFLOPS、ユニットBで3PFLOPSという割付において、ユニットBの3PFLOPSが妥当とする根拠は希薄である。

13-13	技術は常に多くの制約条件の中での妥協の産物であるので、今回の構成案が技術的に「美しい」とはいえないが、限られた制約の中で妥当な構成案と考えられる。
13-14	我が国の科学技術研究の競争力維持にとって非常に重要なプロジェクトであり、期待している。賛否はあるが、統合システム案の選択は、技術の継続性、開発力の保持の観点から正しい判断だと思う。