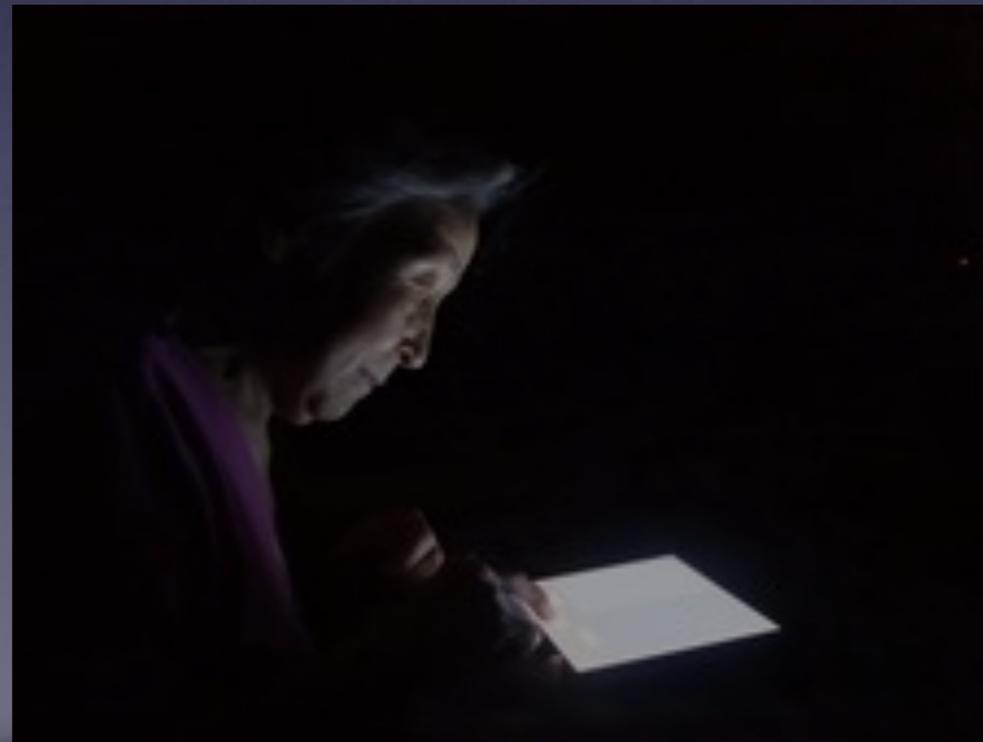


Visual Comfort for Mobile Displays

Li-Chen Ou

Graduate Institute of Color and Illumination Technology
National Taiwan University of Science and Technology



不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

Which one looks more comfortable in the eyes?

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

Rea and Ouellette, 1988	Visual performance increased with luminance contrast.	Display device: CRT Maximum luminance: 255 cd/m ² Ambient lighting: dim condition Observer age: 17-31 yrs
Zhu and Wu, 1990	Subjective evaluation score was highest for moderate luminance contrast.	Display device: CRT Maximum luminance: 633 cd/m ² Ambient lighting: 400 lux Observer age: 18-26 yrs
Roufs and Boschman, 1997; Boschman and Roufs, 1997	Visual performance and subjective visual comfort were both highest for moderate luminance contrast.	Display device: CRT and print Maximum luminance: 400 cd/m ² Ambient lighting: 340 lux Observer age: 24-62 yrs
Wang and Chen, 2000	Visual acuity increased as luminance contrast increased up to 8:1.	Display device: CRT Maximum luminance: 50 cd/m ² Ambient lighting: 400 lux Observer age: college students
Ling and Van Schaik, 2002	Higher contrasts between text and background colour led to faster searching and were rated more favourably.	Display device: CRT Maximum luminance: 100 cd/m ² Ambient lighting: 347 lux Observer age: m=24 yrs, SD=10 yrs
Ayama et al., 2007	Subjective rating for legibility increased with luminance contrast.	Display device: CRT Maximum luminance: 82 cd/m ² Ambient lighting: 500 lux Observer age: 20-29 yrs
Lin and Huang, 2009	Visual performance was better at high luminance contrast ratio than at low luminance contrast ratio.	Display device: TFT-LCD Maximum luminance: 160 cd/m ² Ambient lighting: 250-2000 lux Observer age: 19-22 yrs

Experiment 1: using a 46-inch LCD TV



Display

- A 46-inch LCD TV
- Aspect ratio: 16:9 (1920 by 1080 pixels)
- Display peak white had a luminance of **551.8** cd/m²
- Viewing distance: 150 cm

The display was situated in a darkened room.

Colour Samples

Luminance (cd/m²)	Lightness (<i>L</i>*)	x	y
551.77	100.00	0.2679	0.2867
170.48	62.42	0.2742	0.2887
41.16	32.83	0.2809	0.2995
0.02	0.03	0.2315	0.2322

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。



OK

No. 1

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。



OK

No. 1



不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。



不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者，只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就其光而言，人眼無法區分兩者，只有當它們反射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到它的效果。比如綠光（530納米）和藍光（460納米）搭配在一起可以產生青光。但這個青光總使人有不十分純的感覺。這是因為人的紅色錐狀細胞同時也可以感受到綠色和藍色，它們對搭配的顏色的反映比對純的青色（485納米）的反映要強一些。

Colour Samples

Luminance (cd/m ²)	Lightness (<i>L</i> *)	x	y
551.77	100.00	0.2679	0.2867
170.48	62.42	0.2742	0.2887
41.16	32.83	0.2809	0.2995
0.02	0.03	0.2315	0.2322

Number of trials:

$$[4(4-1)] \times [4(4-1) - 1] / 2 = 66$$

which were replicated once for repeatability test:

$$66 \times 2 = 132$$

Observers

	Male	Female	Age range
Older	10	10	60 ~ 78 (m=66.8)
Young	11	10	22 ~ 29 (m=25.2)

All observers were Taiwanese and based in Taipei.
They all passed Ishihara's test for colour deficiency.

Results

Conventional measures of luminance contrast

$$C_{\text{Michelson}} = \frac{L_{\text{text}} - L_{\text{background}}}{L_{\text{text}} + L_{\text{background}}}$$

$$C_{\text{Roufs-Boschman}} = \log \frac{L_{\text{text}}}{L_{\text{background}}}$$

CIELAB

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

$$f(w) = \begin{cases} (w)^{1/3} & \text{for } w > 0.008856 \\ 7.787(w) + 16/116 & \text{for } w \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$



CIELAB

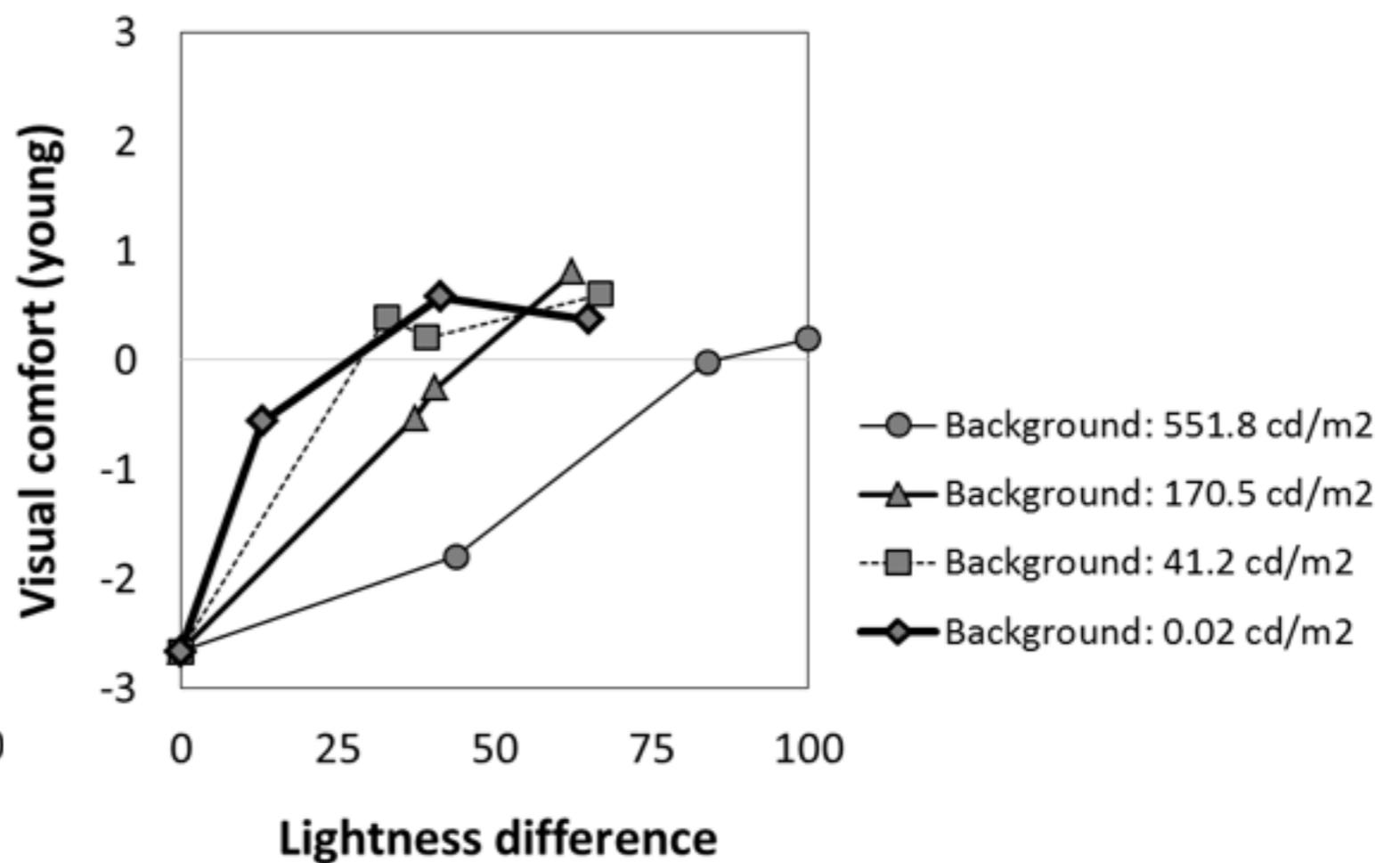
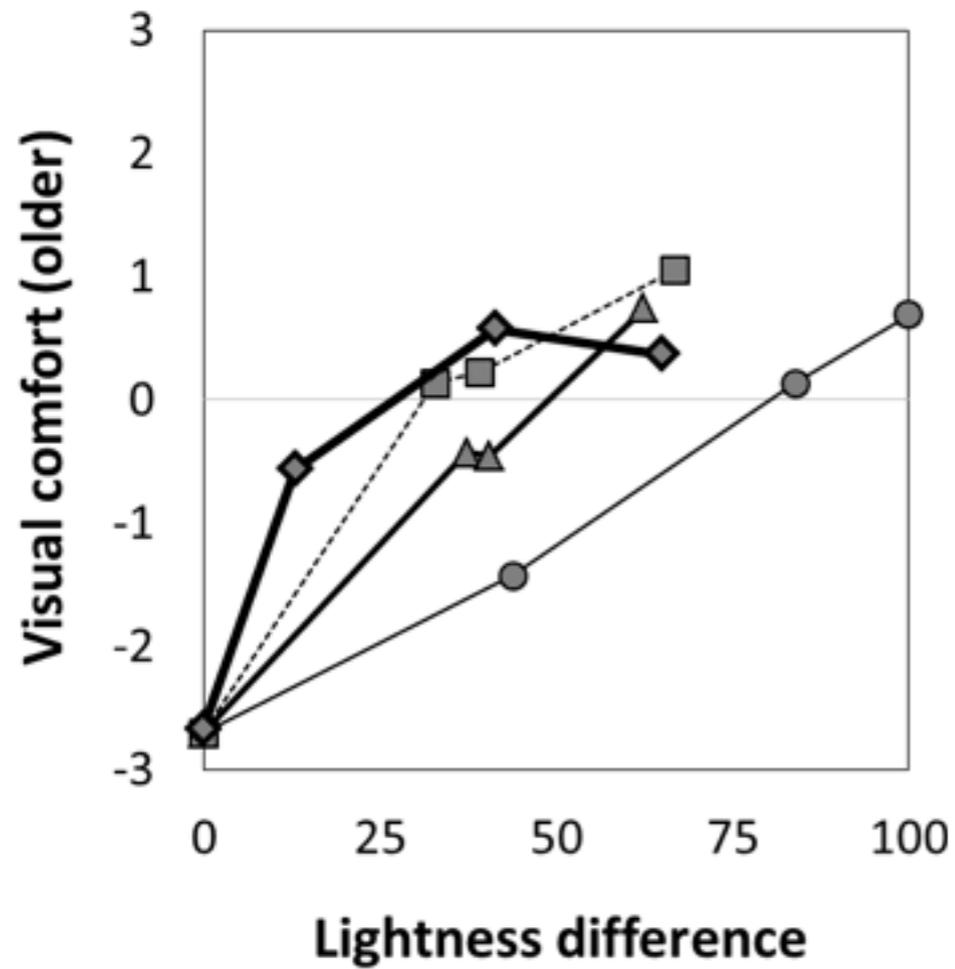
Lightness difference (ΔL^*) is defined as:

$$\Delta L^* = |L^*_{\text{text}} - L^*_{\text{background}}|$$



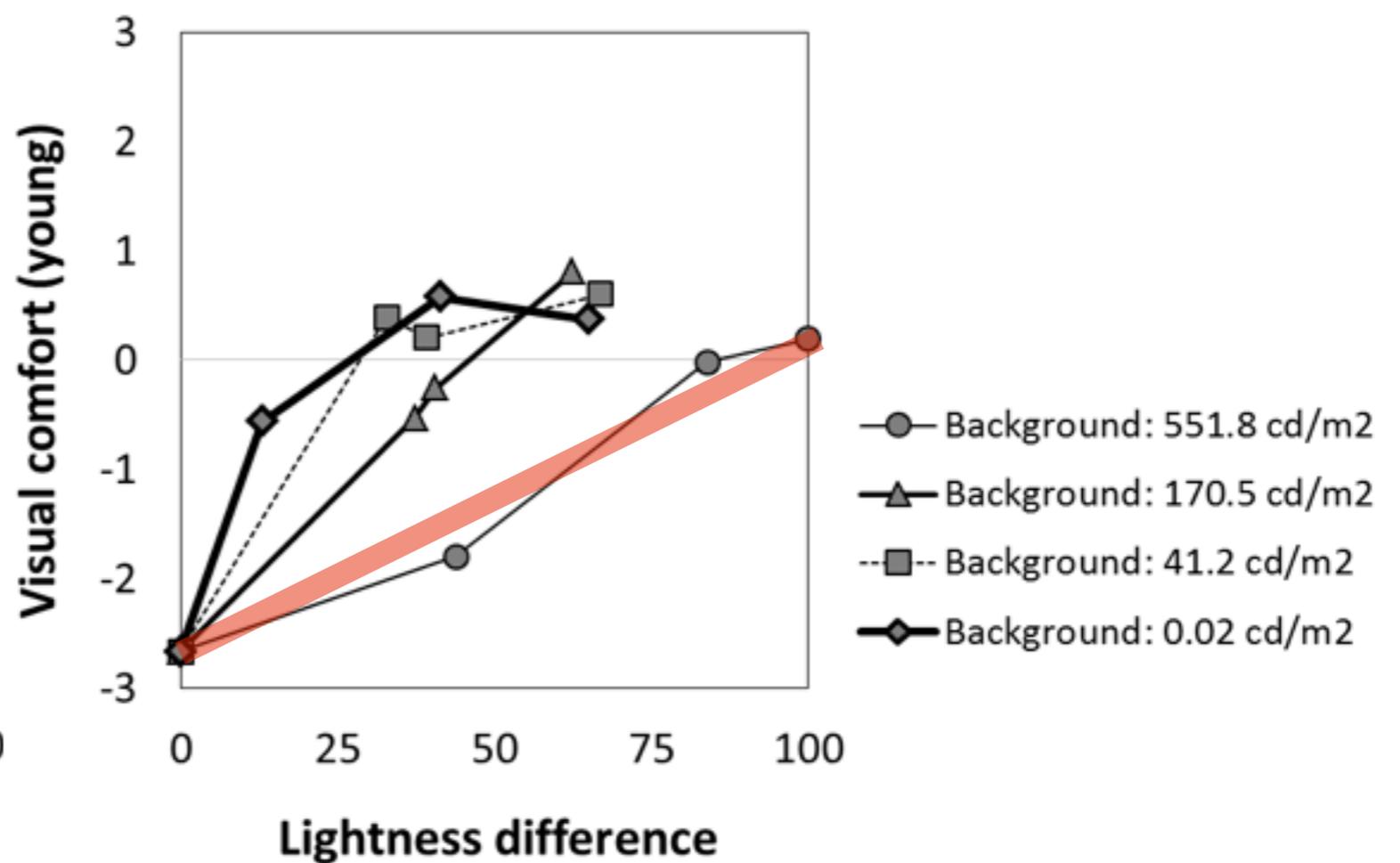
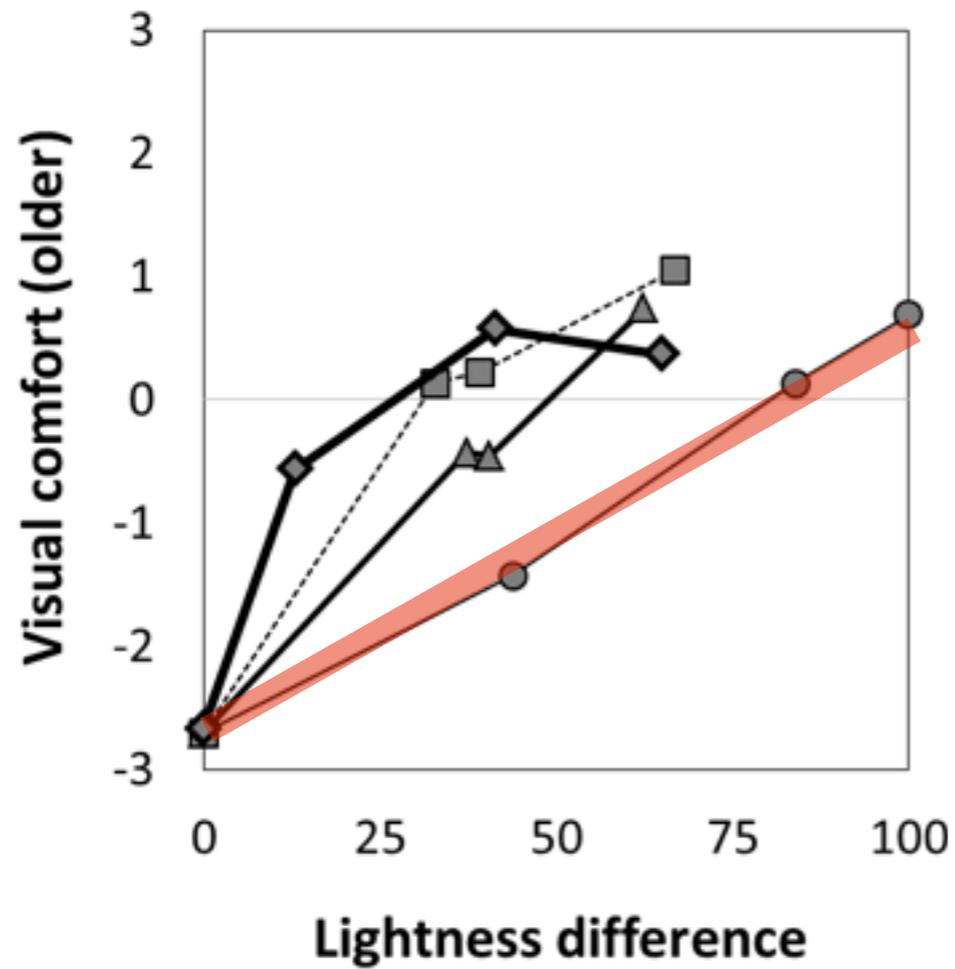
Older observers

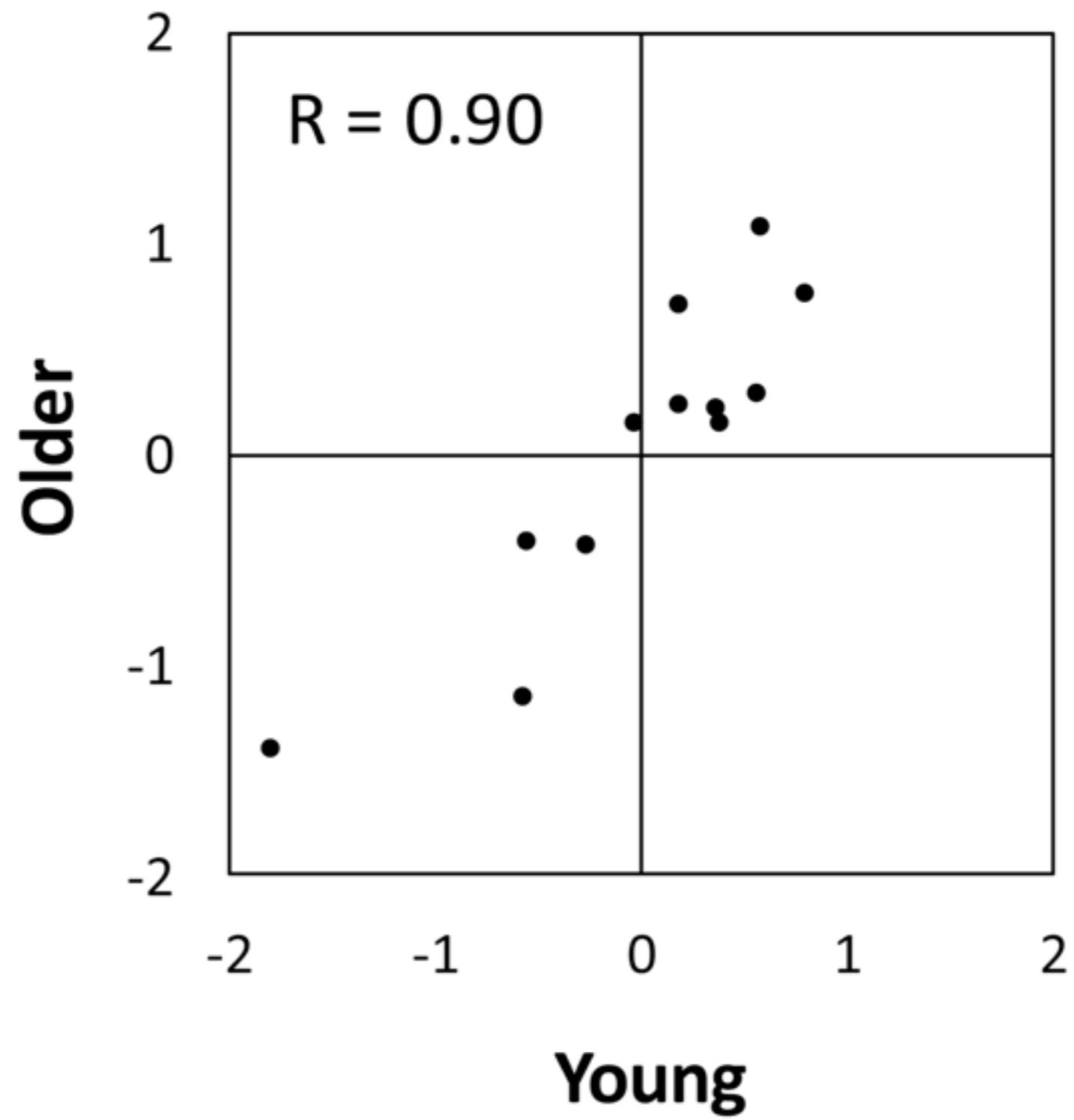
Young observers



Older observers

Young observers





Experiment 2: using a 9.7-inch iPad 2



Size of document layout

iPad size

iPod touch size



Display

- A 9.7-inch iPad (2nd generation)
- Aspect ratio: 4:3 (1024 by 768 pixels)
- Display peak white had a luminance of **397.3** cd/m²
- Viewing distance: 30 cm

The display was situated in a darkened room.

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，
比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構
成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就
其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反
射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一
個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情
況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。
照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏
色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單
色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的
顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到
它的效果。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，
比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構
成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就
其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反
射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一
個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情
況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。
照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏
色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單
色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的
顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到
它的效果。

左

右

確認



不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，
比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構
成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就
其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反
射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一
個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情
況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。
照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏
色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單
色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的
顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到
它的效果。

不同的光譜可以在人眼中產生同樣的顏色感，
比如日光燈的白光是由幾個相當窄的光譜線構
成的，而太陽光則是由連續的光譜構成的。就
其光而言，人眼無法區分兩者。只有當它們反
射在不同顏色的物體上時，我們才看得出來一
個是日光燈的光，一個是太陽光。在大多數情
況下人能看得出的顏色可以由元色搭配而成。
照片、印刷、電視等就使用這種方式來體現顏
色的。儘管如此搭配出來的顏色往往與純的單
色不完全相同，尤其在可見光譜的中部搭配的
顏色只能非常地接近單色光，但無法完全達到
它的效果。

左

右

確認

Color Samples - Experiment 2

Colour	Luminance	(L*)	(x, y)
1. black	0.52 cd/m ²	1.19	(0.2638, 0.2552)
2. dark grey	12.59 cd/m ²	20.71	(0.3010, 0.3126)
3. medium grey	84.25 cd/m ²	53.17	(0.3004, 0.3114)
4. light grey	202.73 cd/m ²	76.69	(0.3010, 0.3125)
5. white	397.34 cd/m ²	100	(0.3005, 0.3115)

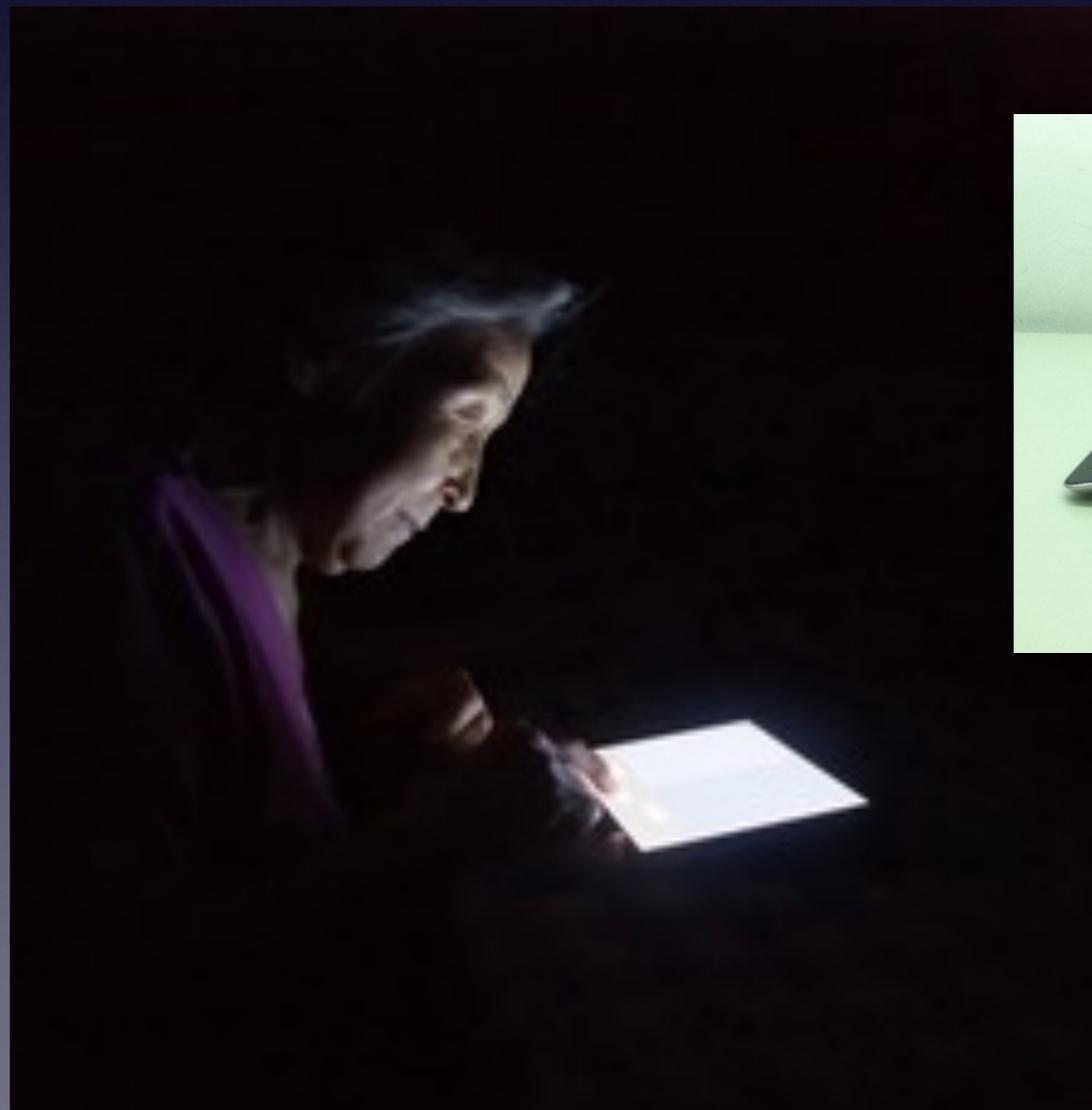
Number of trials :

$$[5(5-1)] \times [5(5-1)-1]/2 = 190$$



Observers

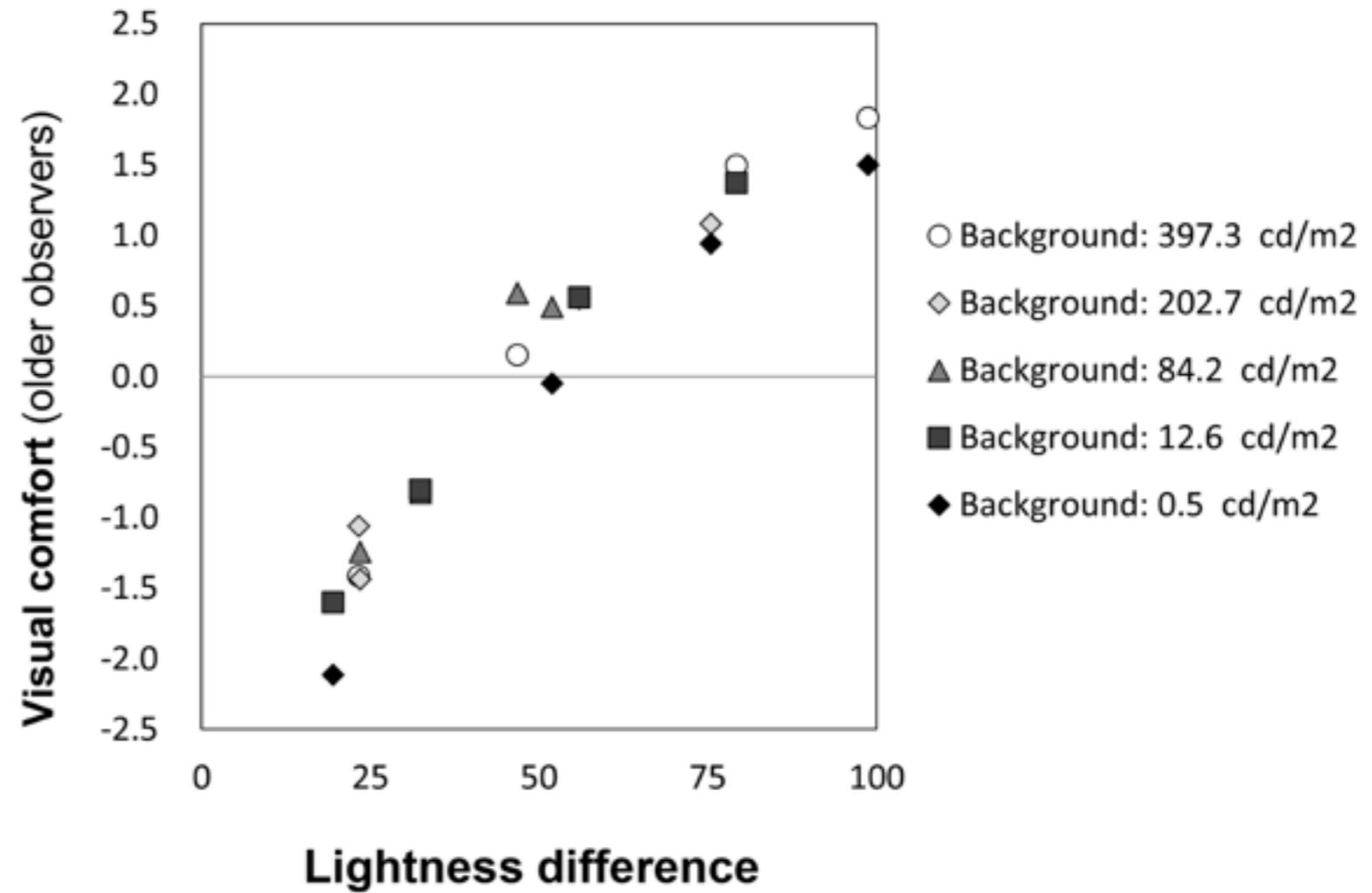
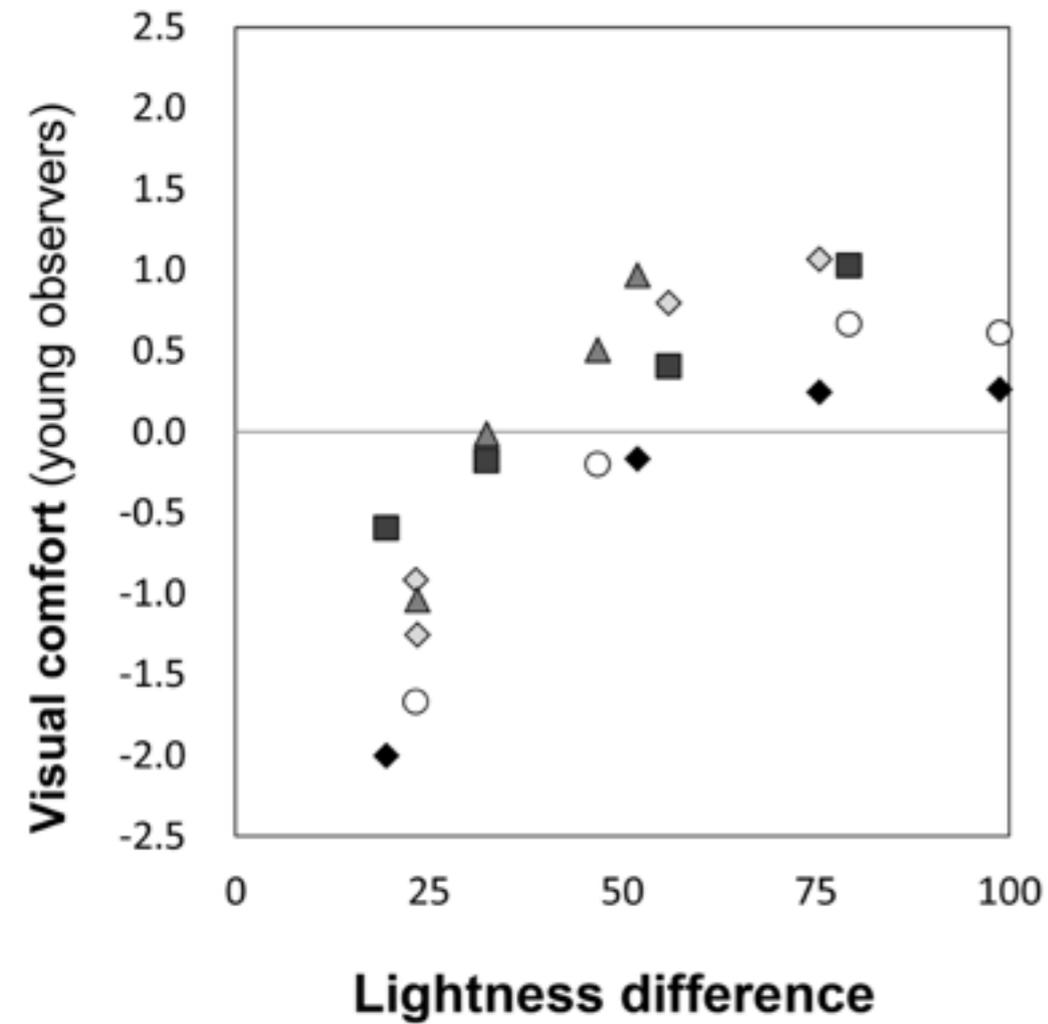
	Numbers	Age range
Older	20	Over 60 Yrs
Young	20	20 – 30 Yrs



Results

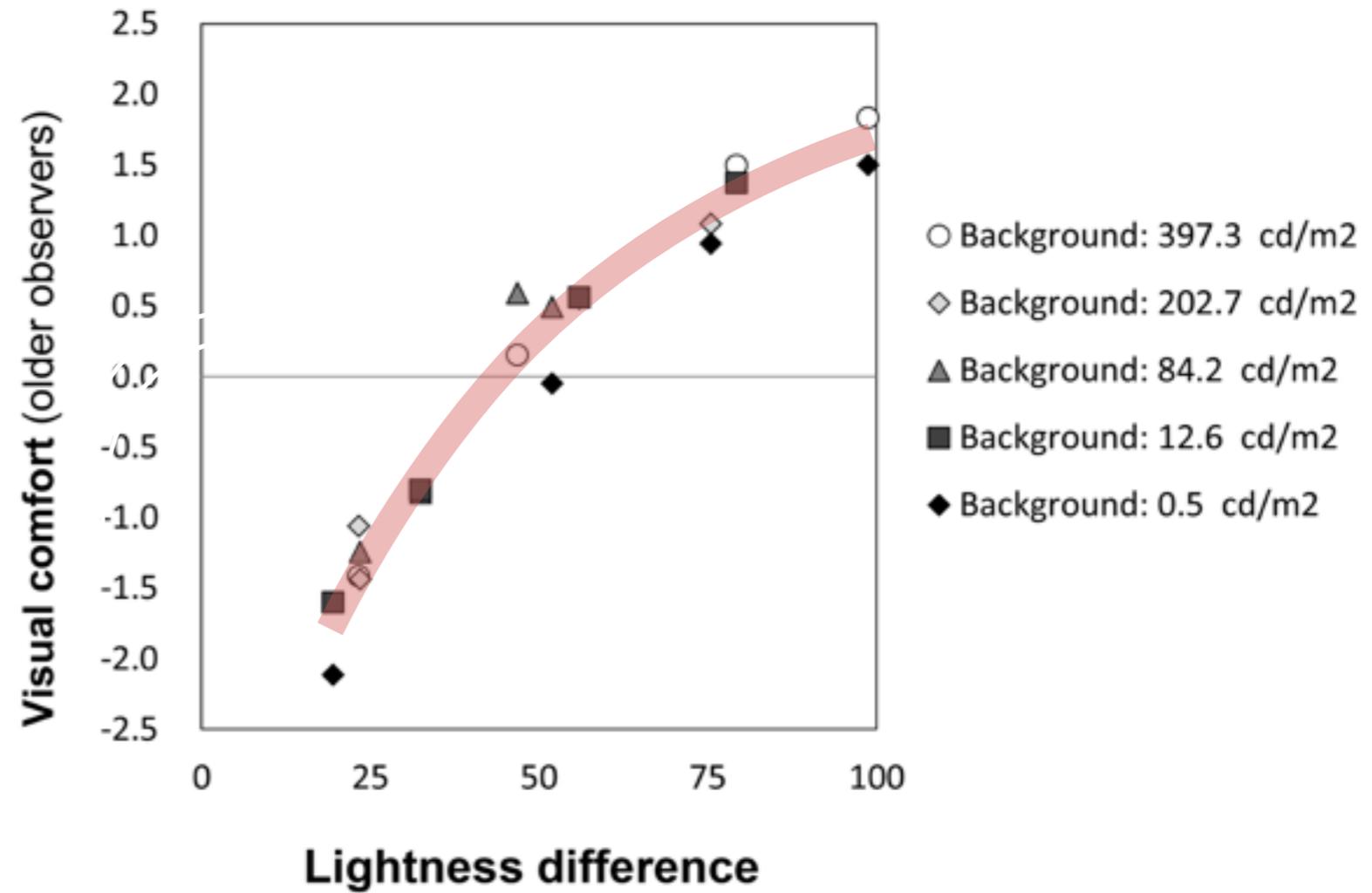
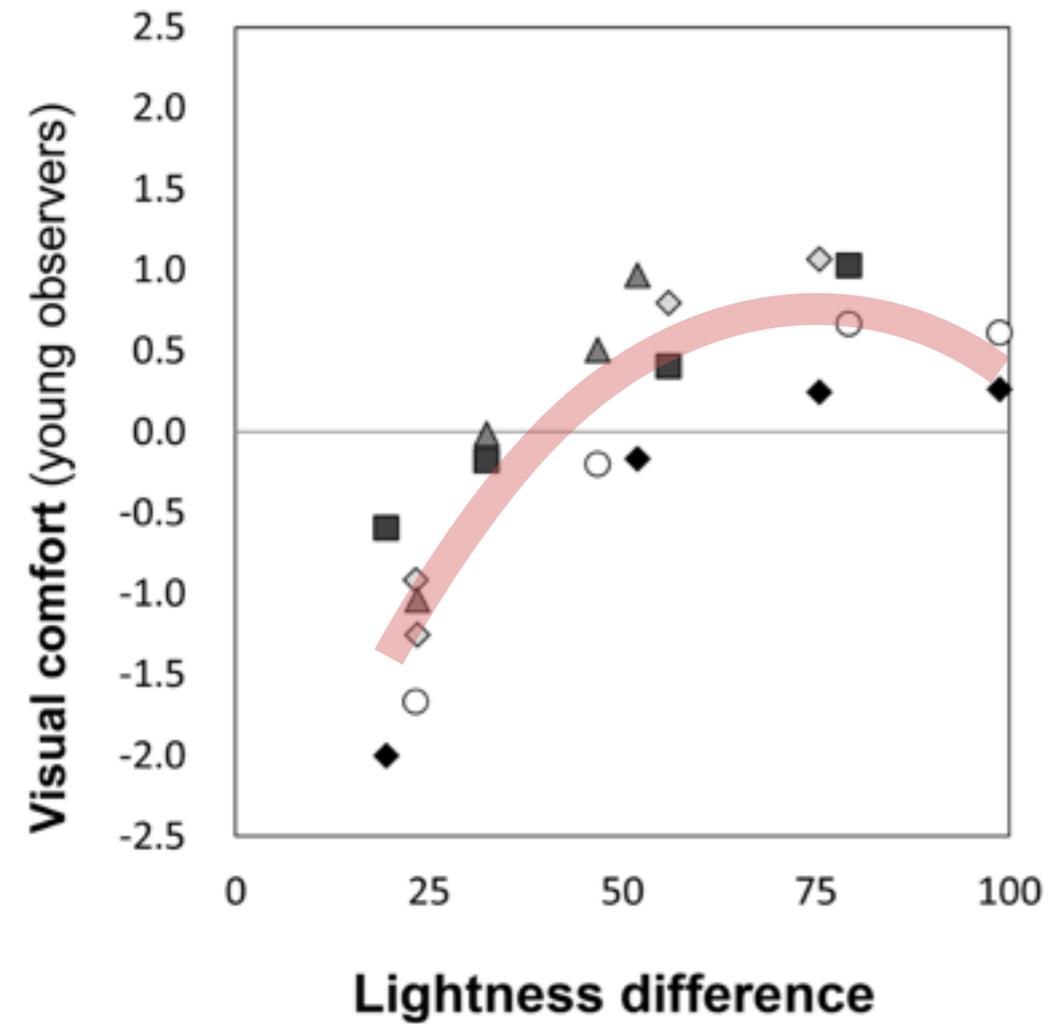
Young observers

Older observers



Young observers

Older observers

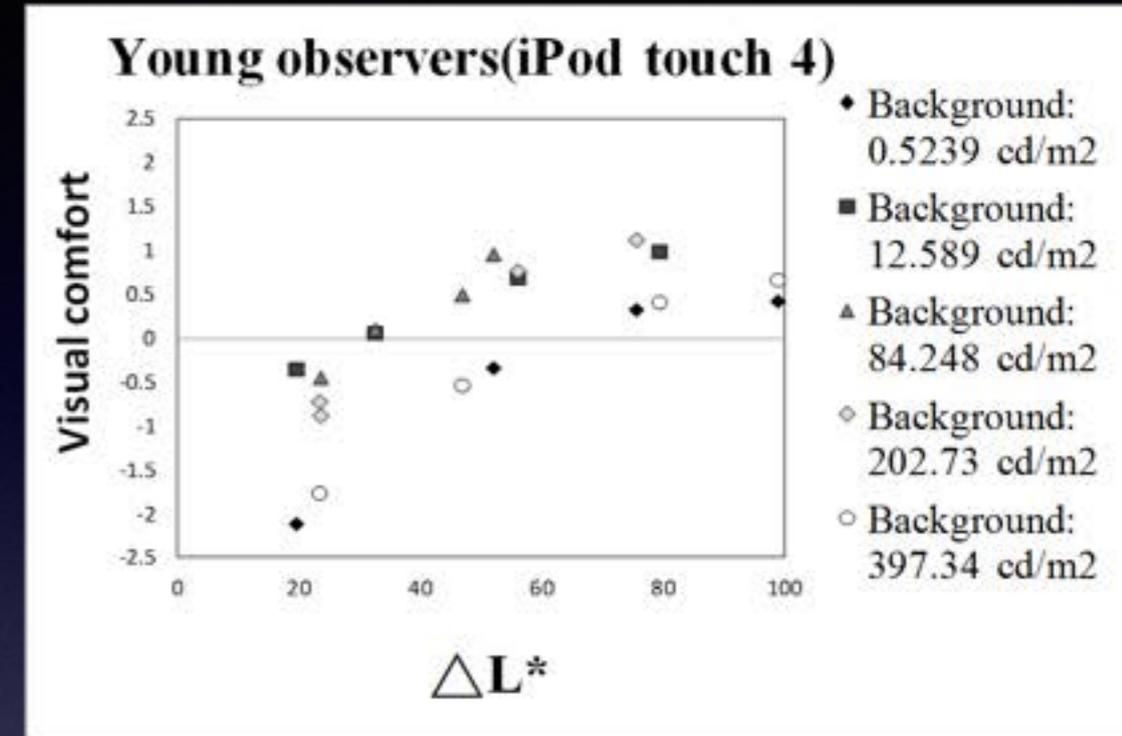
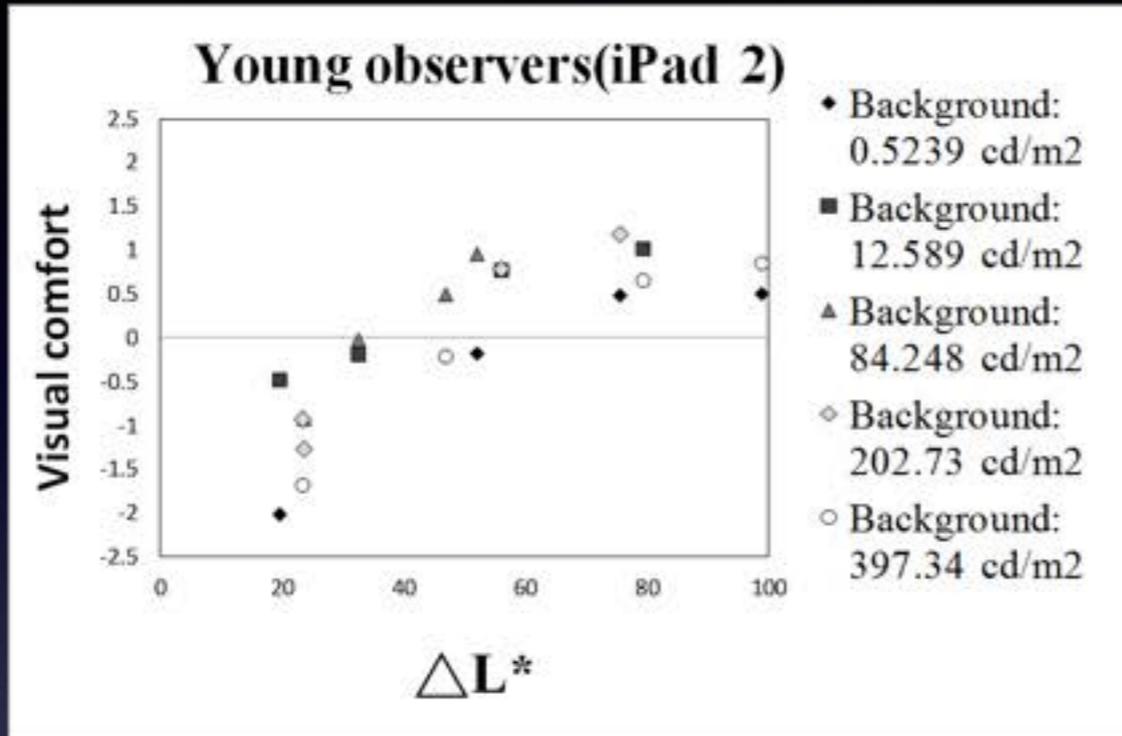


Effect of document size

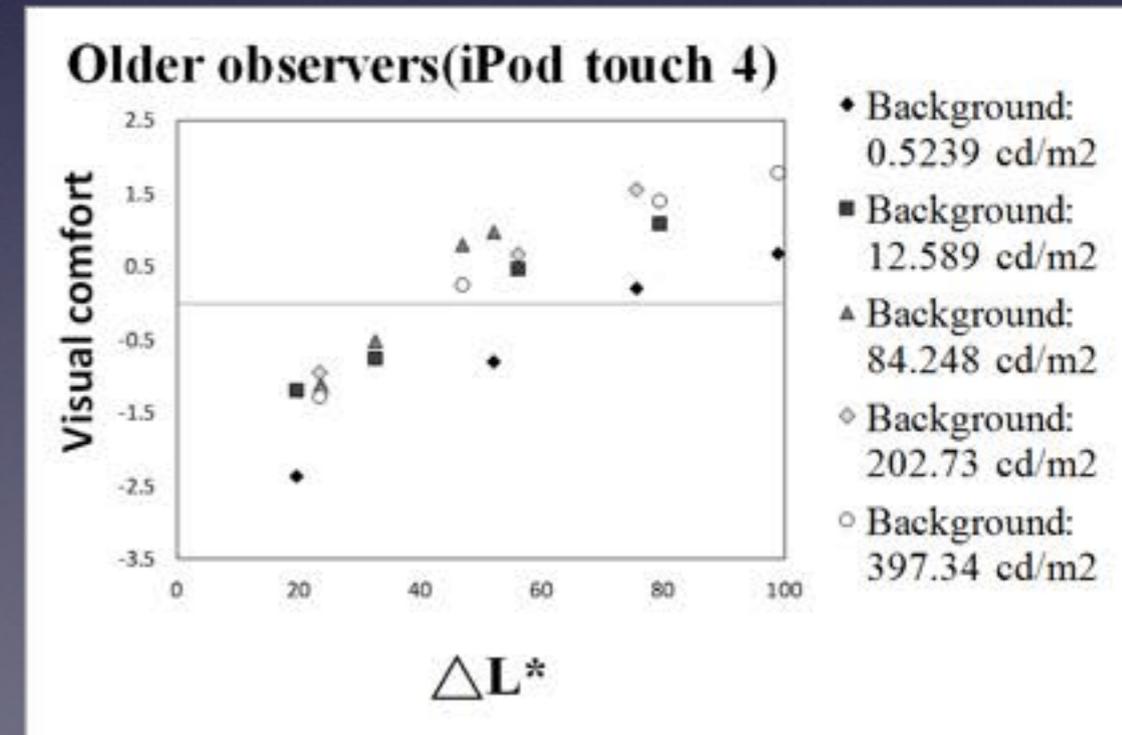
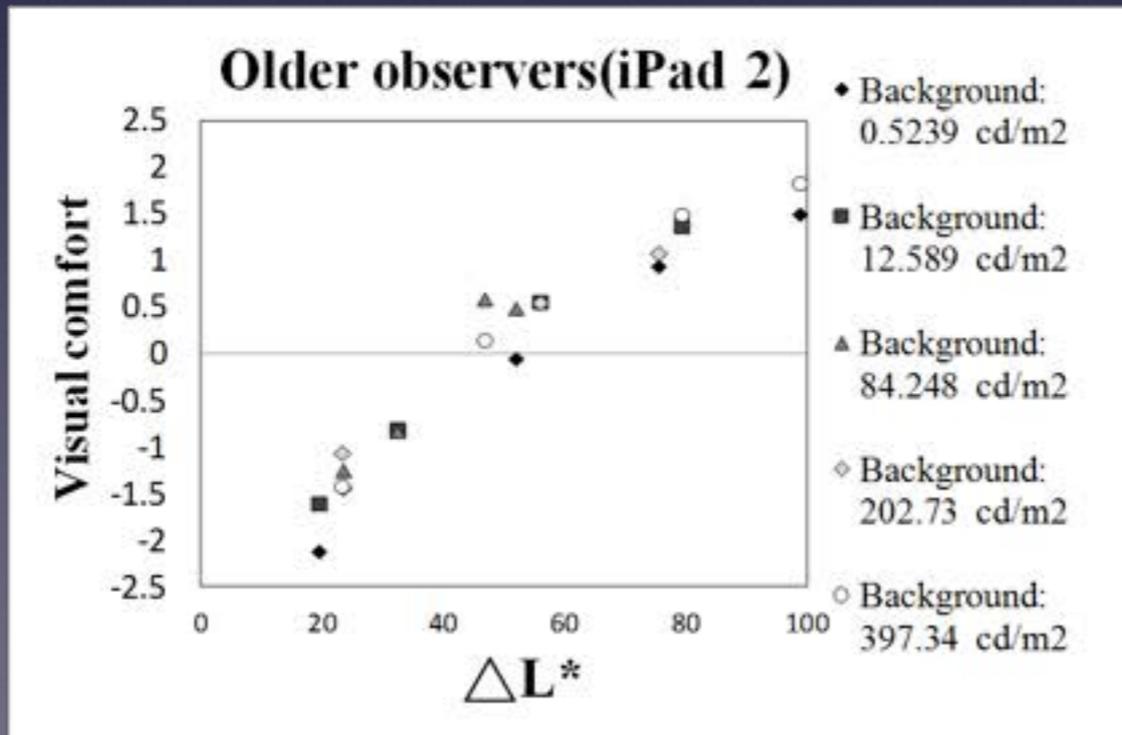
iPad 2

iPod touch

Young



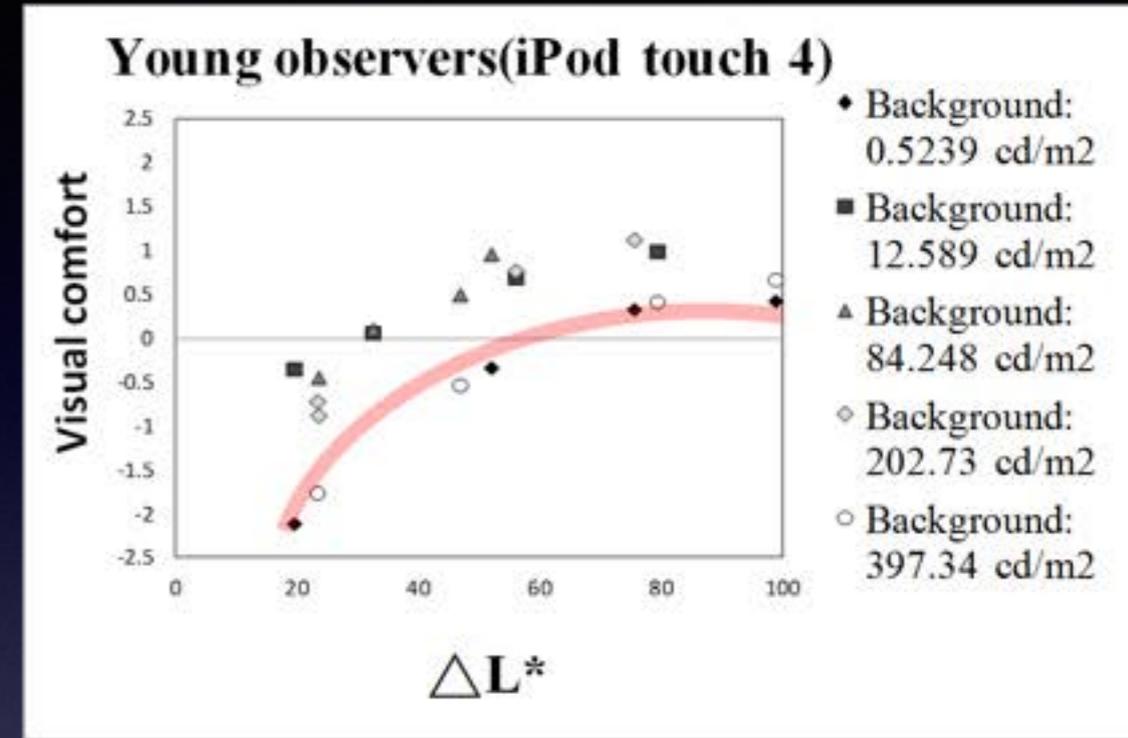
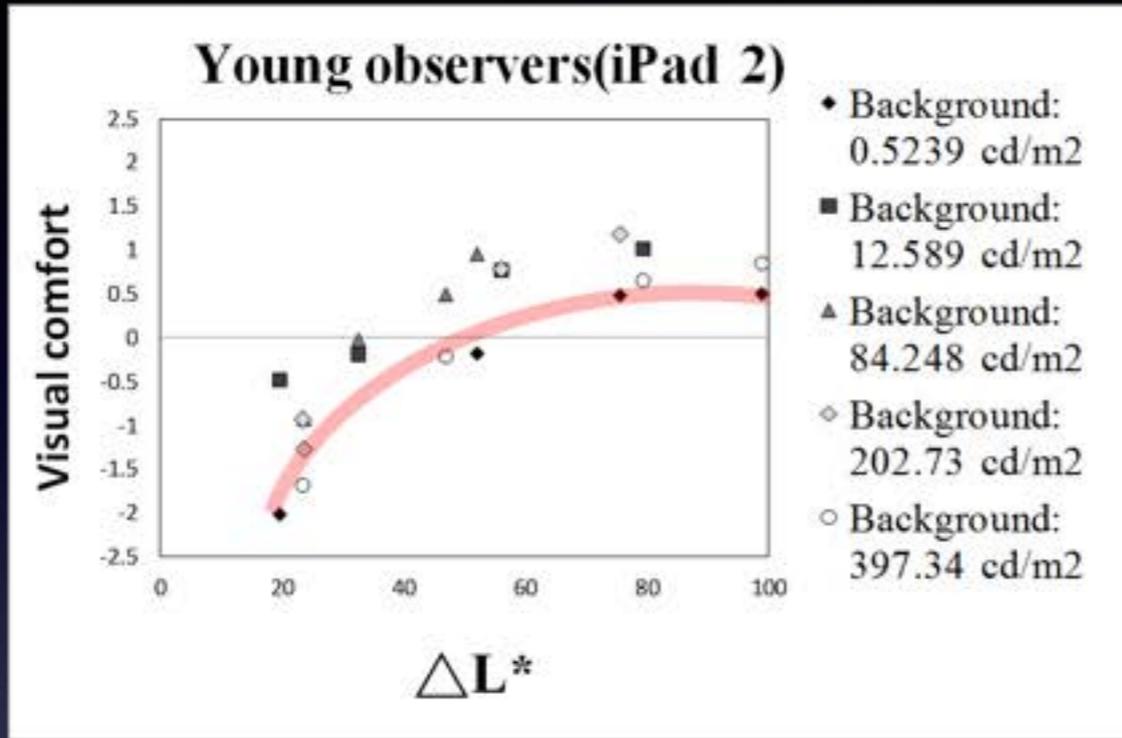
Older



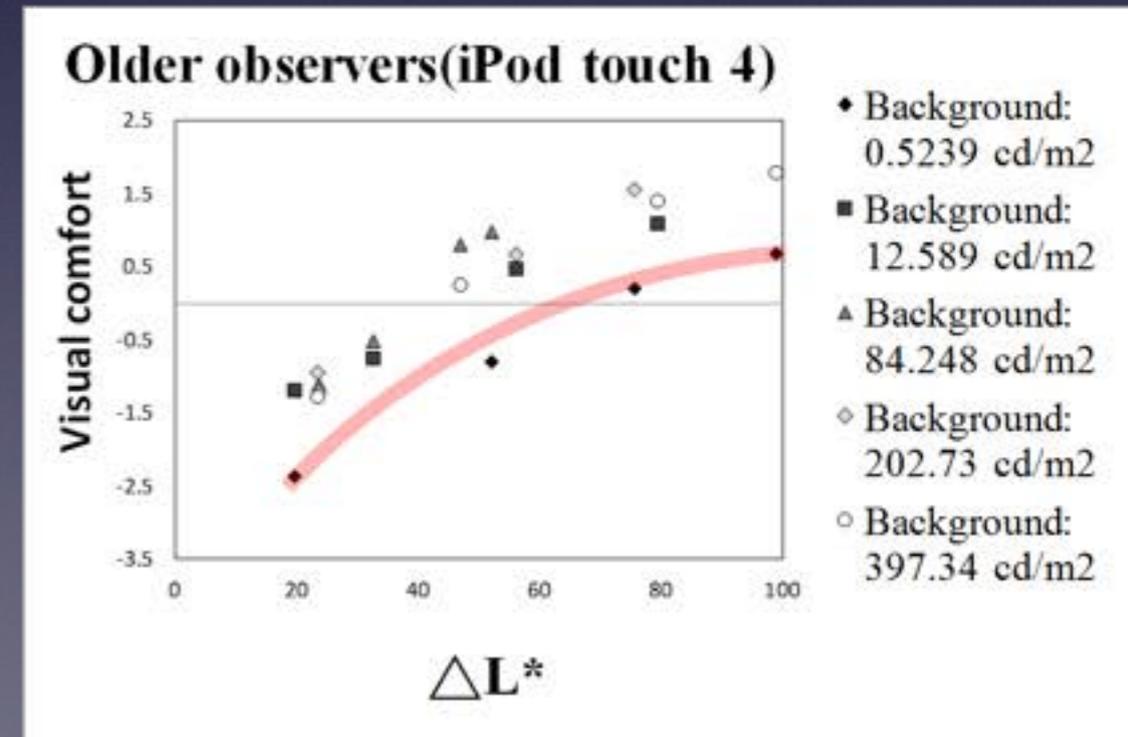
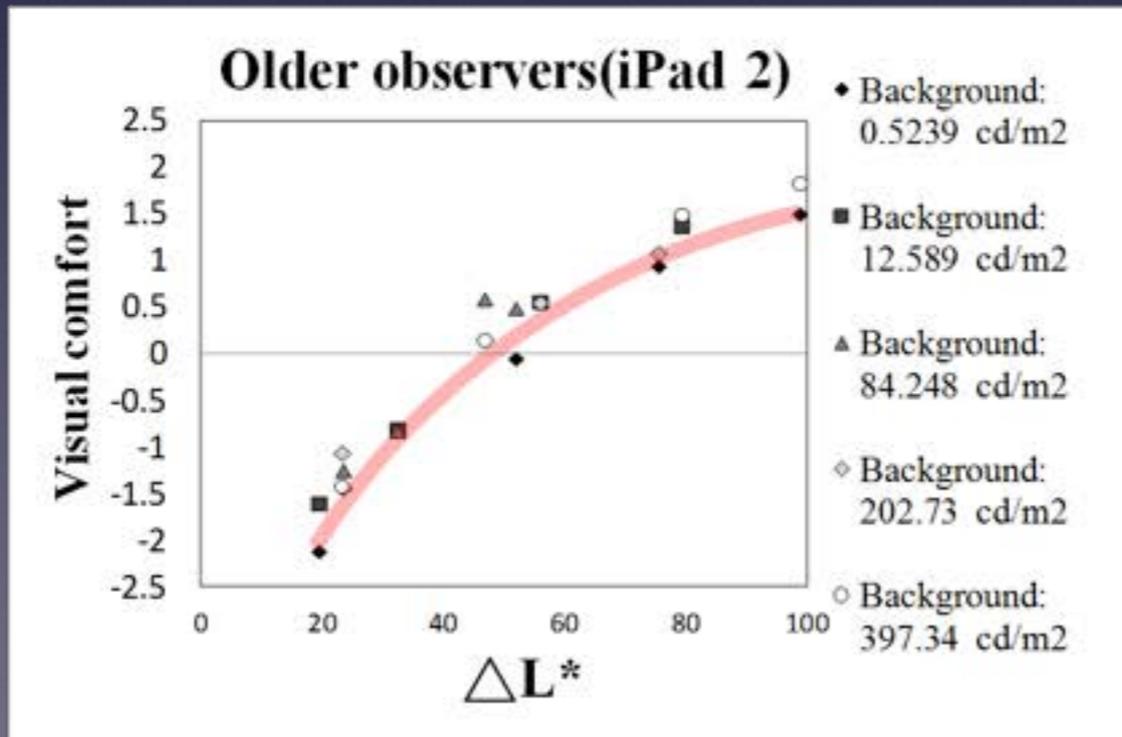
iPad 2

iPod touch

Young



Older



Experiment 3: using a 9.7-inch iPad Air



Display

- A 9.7-inch iPad Air (1st generation)
- Aspect ratio: 4:3 (2048 by 1536 pixels)
- Display peak white had a luminance of **286** cd/m²
- Viewing distance: 35 cm



Viewing conditions

- The iPad Air was placed in a viewing cabinet.
- There were 5 illuminance levels for ambient lighting:
0, 50, 200, 600 and 1200 lux





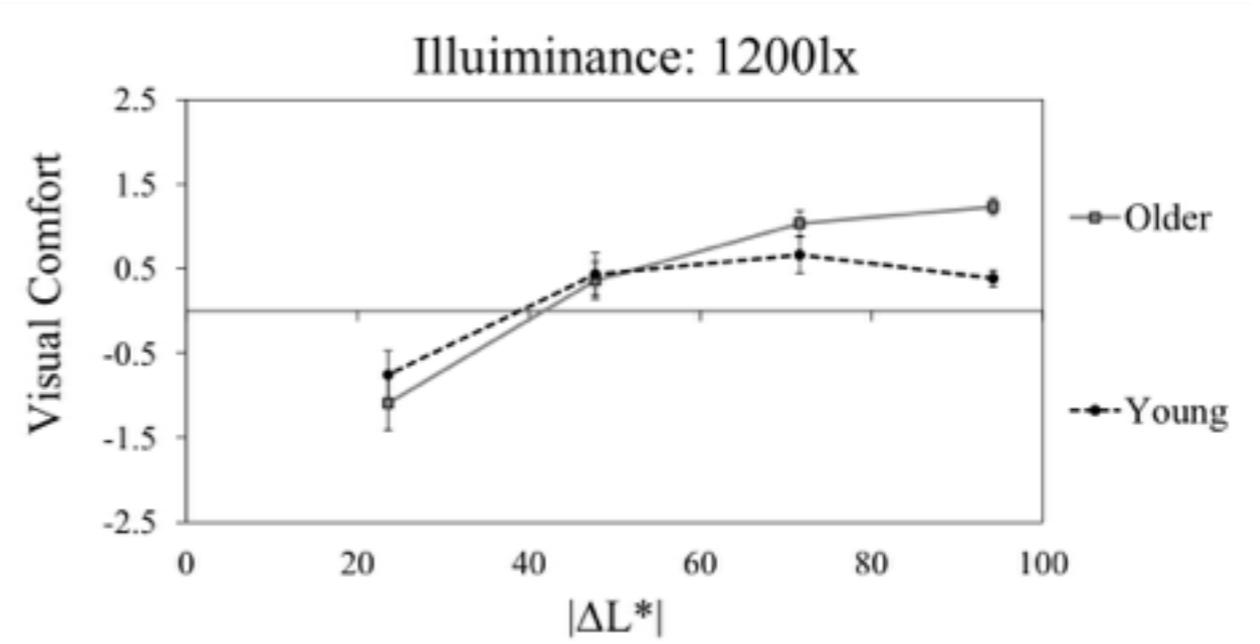
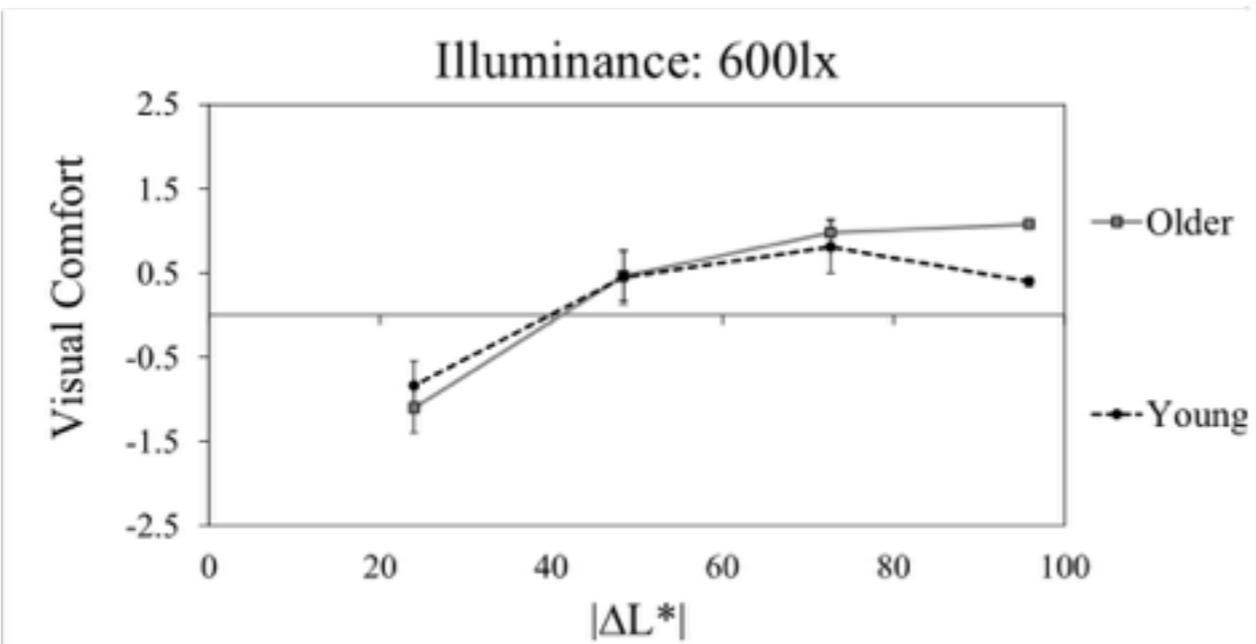
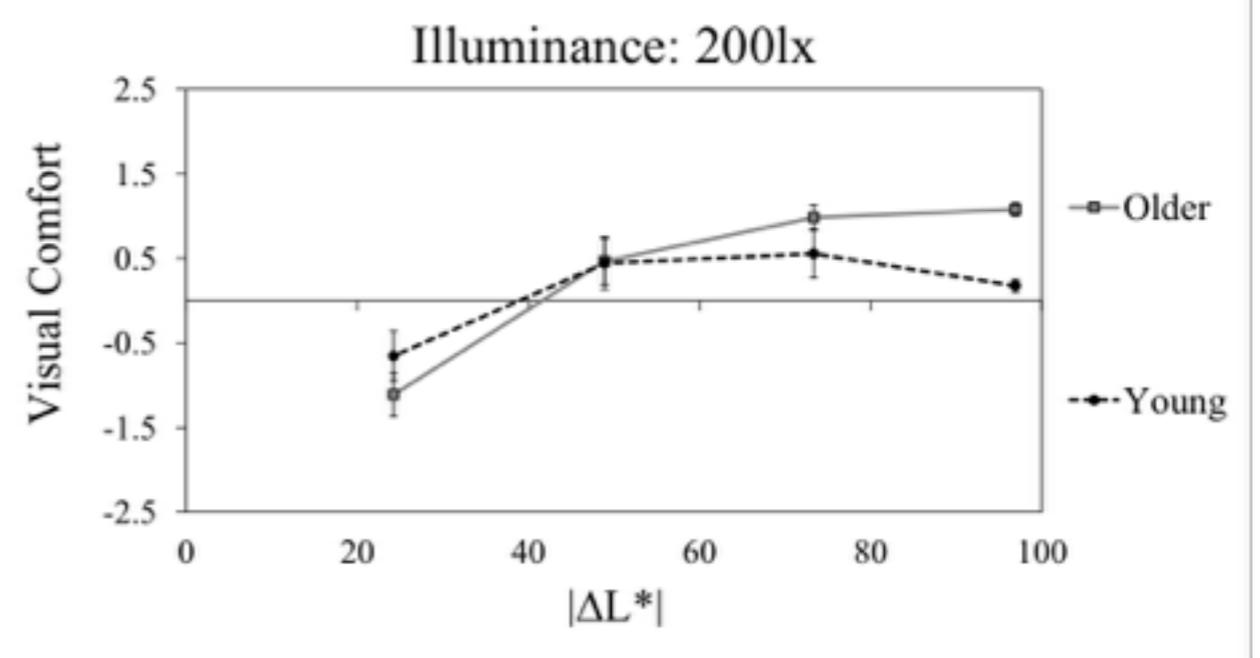
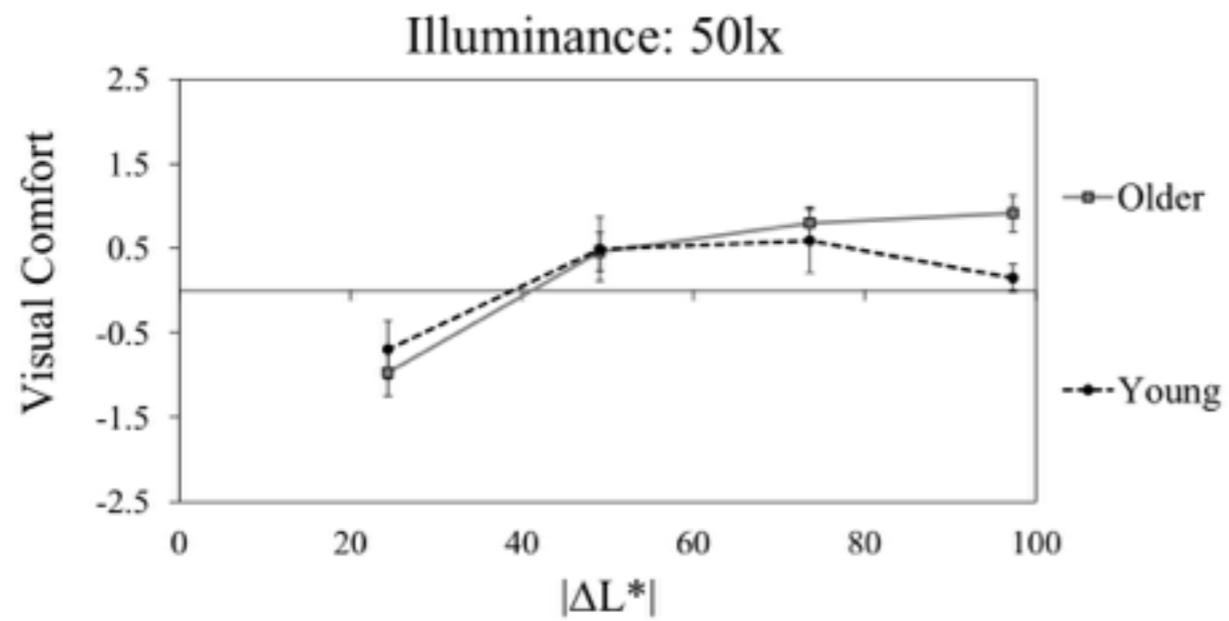
Color	Color (R, G, B)	Illuminance(lx)	Luminance (cd/m ²)	Lightness (L*)	(x, y)
Black	(12, 12, 0)	0	0.8	2.52	(0.31,0.319)
		50	0.84	2.67	(0.3082,0.3176)
		200	0.97	3.08	(0.3029,0.3138)
		600	1.32	4.17	(0.2953,0.309)
		1200	1.83	5.76	(0.2914,0.3095)
Dark grey	(64, 64, 64)	0	12.8	25.2	(0.3082,0.3171)
		50	12.84	25.26	(0.3081,0.3169)
		200	12.97	25.39	(0.3076,0.3166)
		600	13.33	25.74	(0.3065,0.3159)
		1200	13.86	26.25	(0.3056,0.3157)
Medium grey	(117, 117, 118)	0	54.18	50.64	(0.3095,0.3179)
		50	54.22	50.7	(0.3094,0.3179)
		200	54.39	50.74	(0.3092,0.3176)
		600	54.83	50.88	(0.3088,0.3174)
		1200	55.43	51.06	(0.3086,0.3174)
Light grey	(181, 181, 185)	0	138.43	75.09	(0.3101,0.3179)
		50	138.43	75.16	(0.3101,0.3179)
		200	138.61	75.17	(0.3099,0.3178)
		600	139.12	75.22	(0.3096,0.3175)
		1200	139.85	75.29	(0.3095,0.3176)
White	(255, 255, 255)	0	285.55	100	(0.3105,0.3184)
		50	285.3	100	(0.3105,0.3184)
		200	285.61	100	(0.3103,0.3183)
		600	286.26	100	(0.3101,0.3181)
		1200	286.77	100	(0.3101,0.3181)

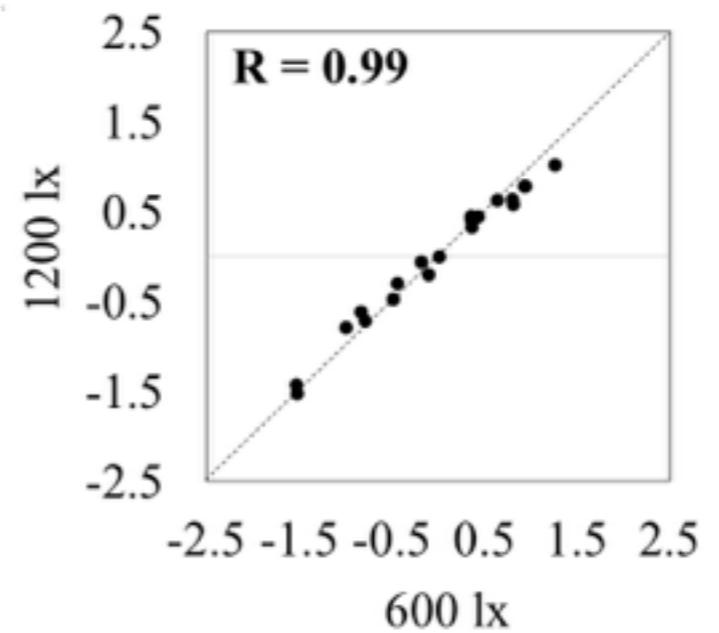
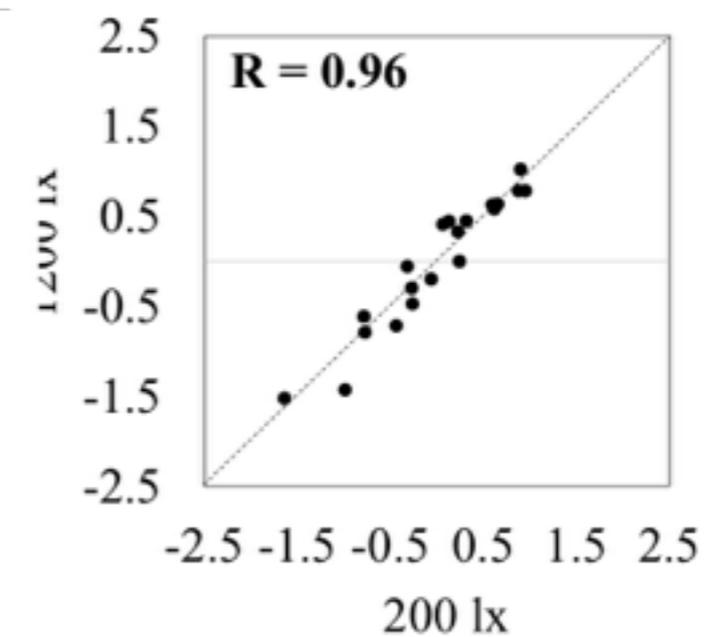
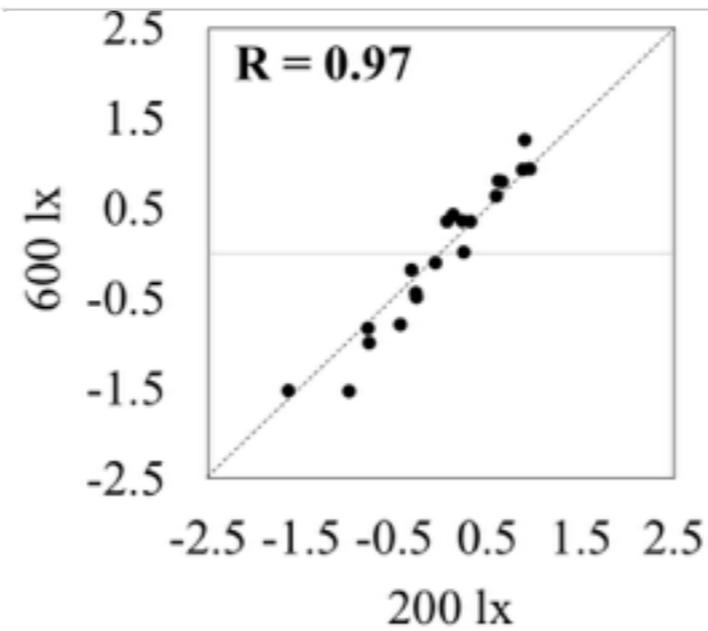
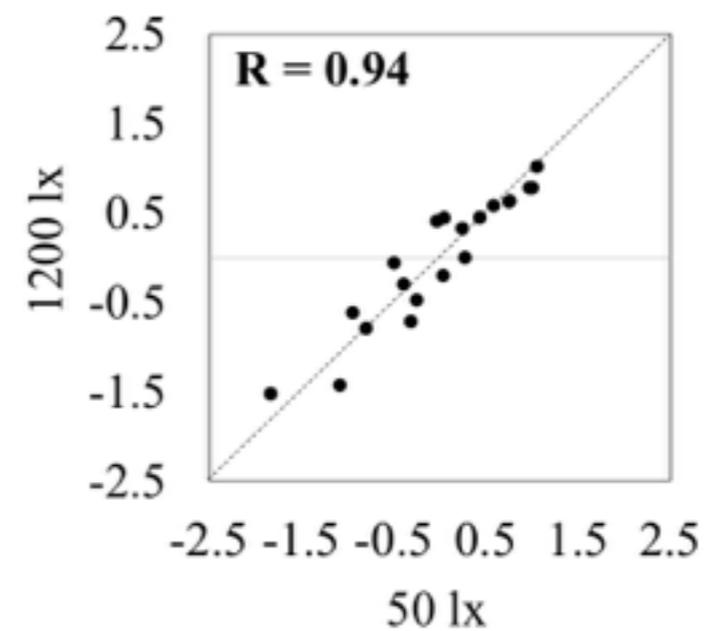
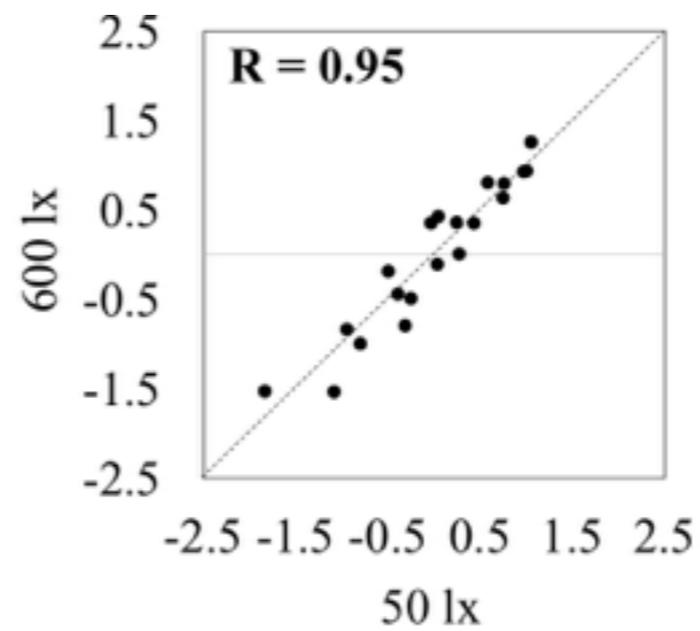
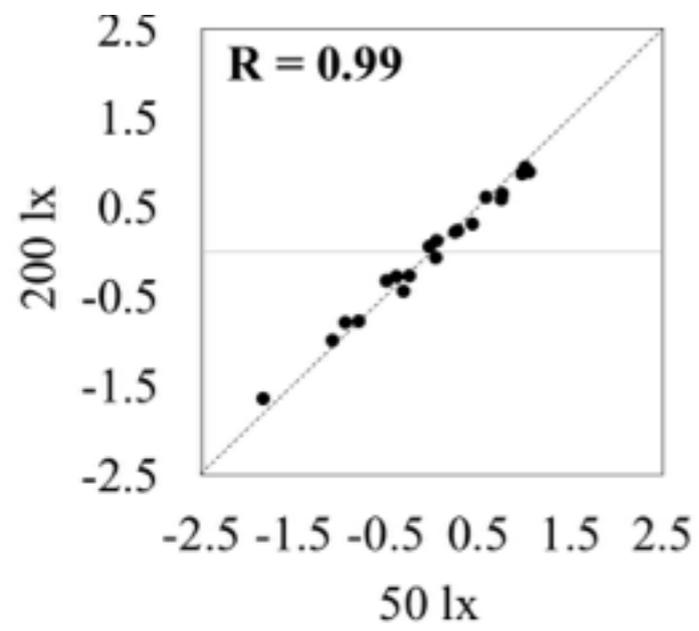
Observers

	Male	Female	Age range
Older	6	14	> 60 (m=66)
Young	10	11	20 ~ 30 (m=24)

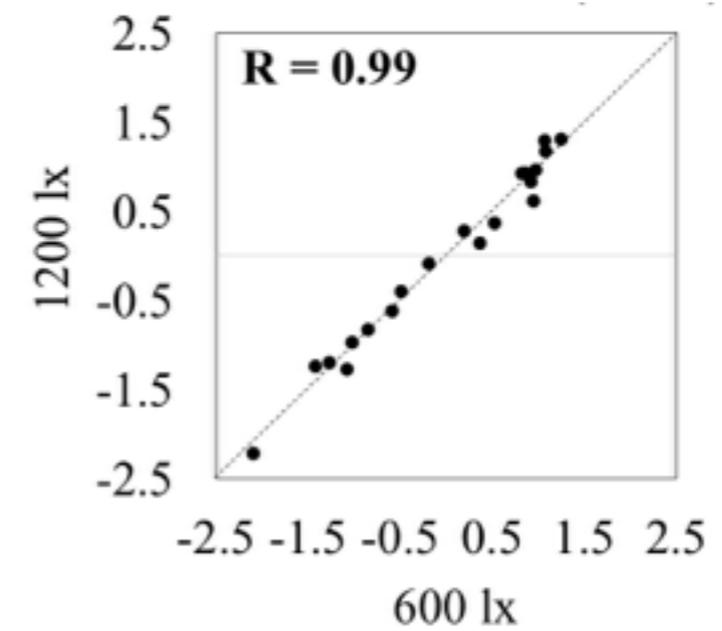
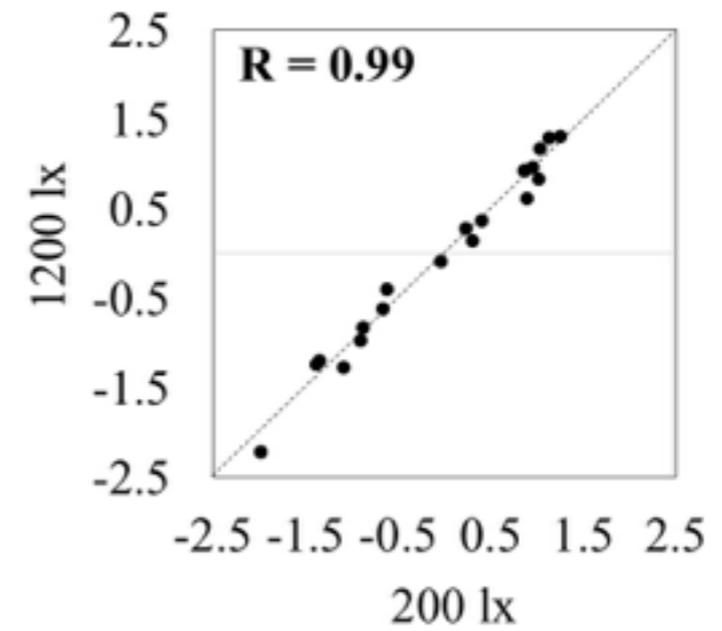
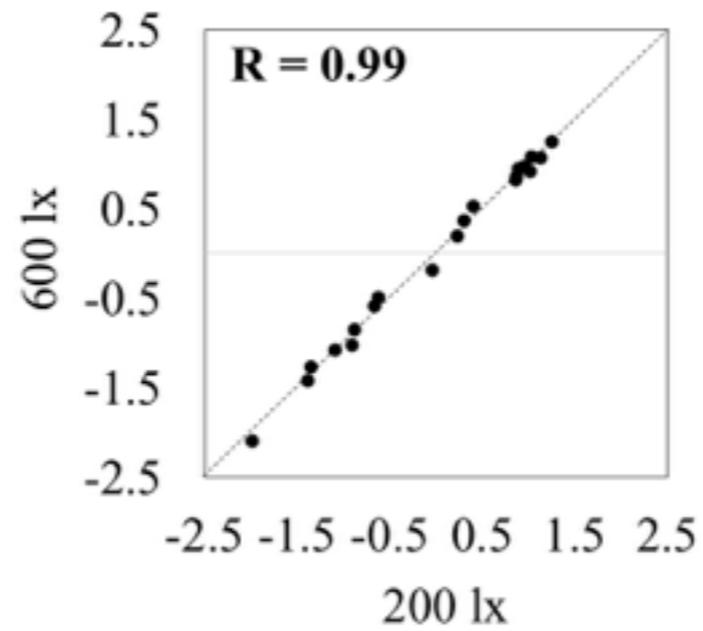
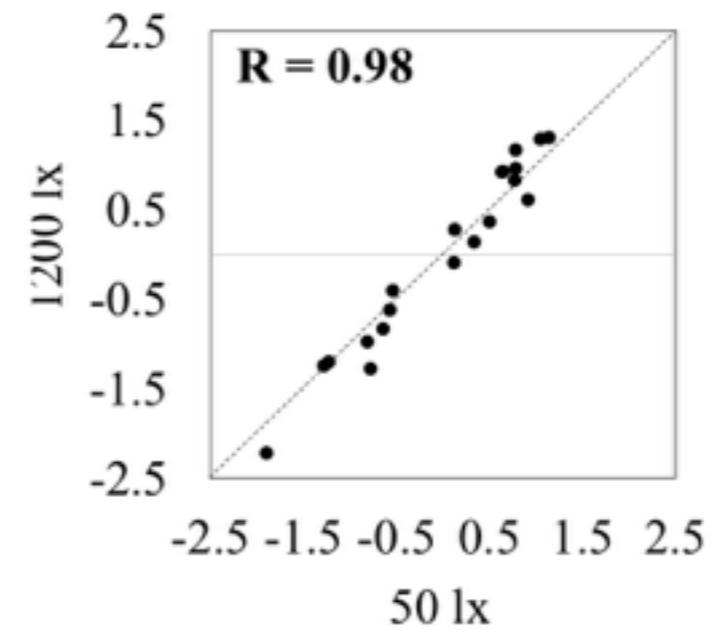
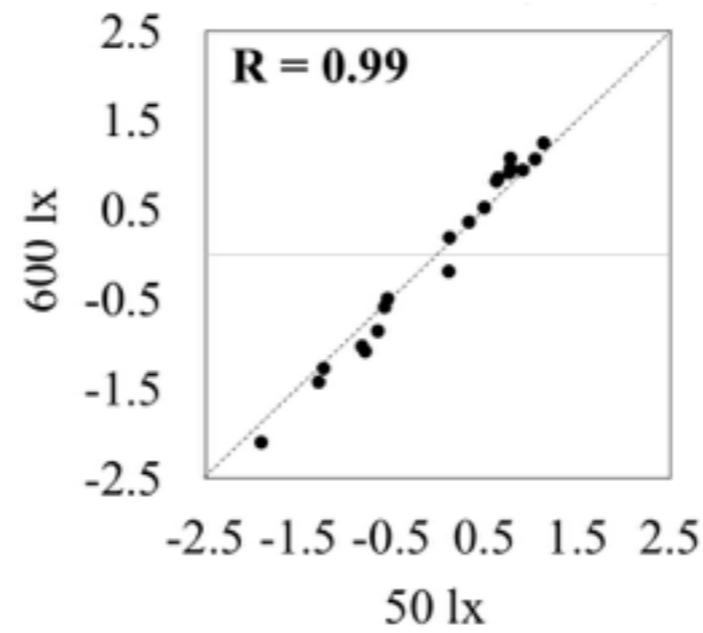
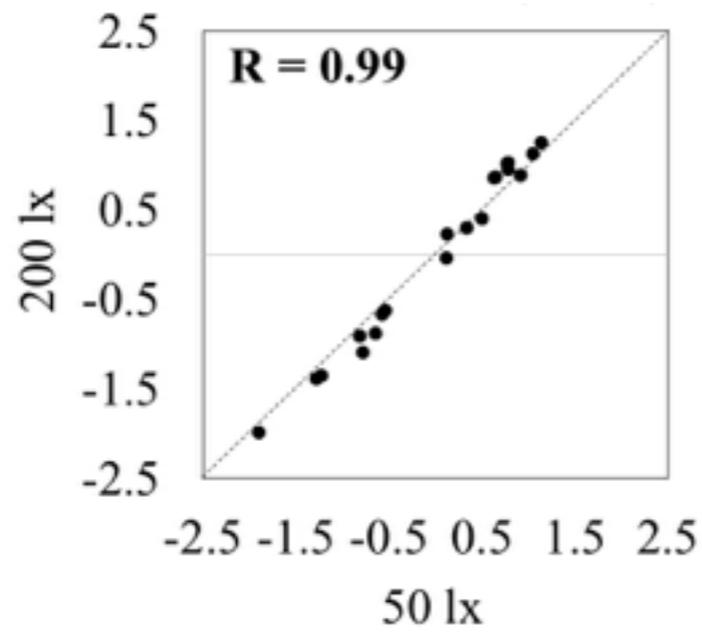
All observers were Taiwanese and based in Taipei.
They all passed Ishihara's test for colour deficiency.

Results





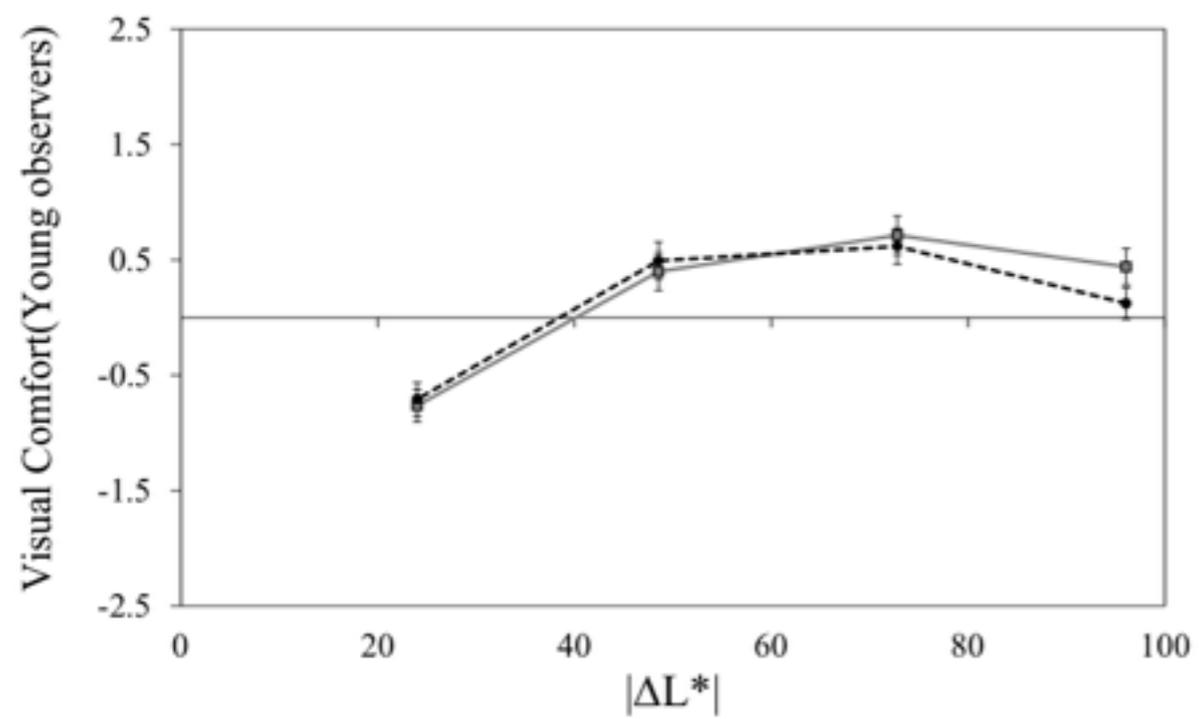
Young observers



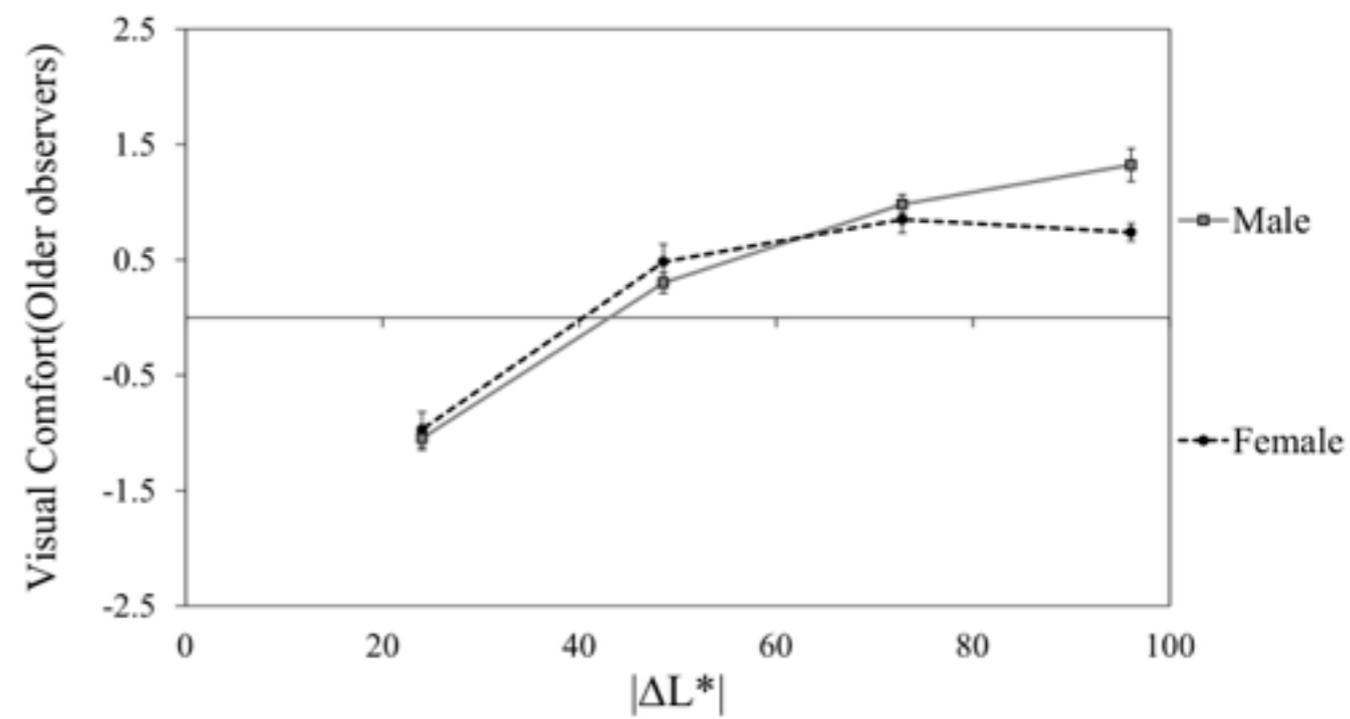
Older observers

Effect of gender

Young observers



Older observers



Summary

- Extremely large lightness difference between text and background tended to result in lower visual comfort for **young** observers than for **older** observers.
- Extremely large lightness difference between text and background tended to result in lower visual comfort for **female** observers than for **male** observers.
- There was little effect of ambient lighting on visual comfort for reading using the iPad.

Thank you for your attention!

Li-Chen Ou

lichenou@mail.ntust.edu.tw

