

## 배회성 거미 (*Pardosa astrigera*) 주안과 부안의 미세구조적 분석

정 문 진\* 임 도 선<sup>1</sup> 문 명 진<sup>2</sup>

생명공학연구소 분자세포생물학 연구부 면역조절 R.U.,

<sup>1</sup>서울보건대학 치위생과, <sup>2</sup>단국대학교 자연과학대학 생물과학부

### Fine Structural Analysis of Principal and Secondary Eyes in Wandering Spider, *Pardosa astrigera*

Moon-Jin Jeong,\* Do-Seon Lim<sup>1</sup> and Myung-Jin Moon<sup>2</sup>

Immune Regulation Research Unit, Molecular & Cellular Biology Research Division,  
Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology

<sup>1</sup>Department of Dental Hygiene, Seoul Health College, <sup>2</sup>Division of Biological Science,  
College of Natural Sciences, Dankook University

(Received October 16, 1999)

#### ABSTRACT

The wandering spider, *Pardosa astrigera*, had four pairs of ocelli that arranged in three rows on the cephalothorax. Along the anterior margin lay a pair of small anterior median (AM) eye flanked on each side by anterior lateral (AL) eye. Two large posterior median (PM) eye was situated on the clypeus behind the anterior row and still more posteriorly was a pair of posterior lateral (PL) eye. The visual cell of retina consisted of cell body, rhabdome, and intermediate segment. Bipolar neuron was found in anterior median eye (principal eye) and unipolar neuron in others (secondary eye). Rhabdome showed that arranged in PMeye and PLeye. But rhabdomes of AMeye and ALeye were irregular in retina. Except AMeye, incontinuous tapetum found in ALeye, PMeye, PLeye. Anterior median eye was similar to anterior lateral eye in length and posterior median eye similar to posterior lateral eye. Component size of eye were similar to 4 pairs eye in cornea. Size of lens, cell body, and rhabdome was similar not only anterior median eye and anterior lateral eye but also posterior median eye and posterior lateral eye. Vitreous body was large posterior median eye than others.

**Key words** : Fine Structure, *Pardosa astrigera*, Principal and Secondary Eyes, Wandering Spider

#### 서 론

동물의 시각기는 빛에 민감한 세포가 한곳에 모여

특수한 구조를 이루며 (Eckert & Randall, 1988), 이에  
는 단지 명암만을 감지하는 것으로부터 빛의 강도,  
빛의 방향, 물체의 형태, 물체의 색깔 가운데 일부나  
전부를 식별할 수 있는 것 등, 진화의 정도에 따라서

\*Correspondence should be addressed to Dr. Moon-Jin Jeong, Immune Regulation Research Unit, Molecular & Cellular Biology Research Division, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Taejeon 305-333, Korea. Ph: (042) 860-4186, FAX: (042) 860-4593, E-mail: jeongmj4@kribb4680.kribb.re.kr

Copyright © 1999 Korean Society of Electron Microscopy

여러 단계로 분화되어 있다(Eakin, 1982).

거미 시각기의 경우는 두흉부에 있는 4쌍의 단안을 지니고 있으나(Blest and Price, 1984), 거미줄을 쳐서 먹이를 잡는 대부분의 정주성 거미들은 시각보다는 촉각과 화학적 신호에 의존하고 있다(Eberhard, 1977; William, 1977). 그러나, 배회성거미는 먹이의 포획, 구애, 적으로부터의 도피 등 모든 행동을 시각에 의존하고 있다(Jackson, 1977; Blest, 1978; Moffett, 1991). 그러므로, 특히 시각에 의존하여 먹이를 포획하는 이러한 배회성 거미들은 정주성 거미에 비해 시각이 잘 발달되어 있고(Forster, 1982; Opell & Ware, 1987), 시각기의 구조도 매우 분화되어 있음이 보고된 바 있다(Blest *et al.*, 1980).

또한, 배회성 거미에 속하는 가계거미과(Agelenidae), 계거미과(Thomisidae), 그리고 강충거미과(Salticidae) 등의 거미는 편광을 감지하여 특정 색을 인식하며(Blest & Land, 1977), 특히 강충거미과의 거미들이 가진 단안들은 망막구조가 4가지 형태의 망막세포로 세분되어 각각 감지하는 파장이 다르다고 보고되어 있다(Blest & Price, 1984). 이러한 연구들은 대부분이 강충거미과(Salticidae)를 대상으로만 관찰되었으며(Blest & Price, 1984; Blest & Sigmund, 1984), 국내에서는 본 저자들에 의해서 늑대거미과(Lycosidae)의 시각기 구조가 발표된 바 있다(Jeong & Moon, 1993, 1997).

거미의 시각정보는 망막을 구성하는 망막세포에 의해서 수용되는데(Blest & Land, 1977), 주안(principal eyes)의 망막세포는 부안(secondary eyes)과 비교하여 형태적 차이가 존재하는 것으로 보고되었다(Eakin & Brandenburger, 1971). 따라서 본 연구는 국내에 서식하는 배회성 거미의 대표적인 종인 늑대거미과 별늑대거미의 주안과 부안을 구별하고, 각 단안을 구성하는 망막세포의 형태적 차이와 세포조성을 미세구조적 그리고 수치적으로 분석하여, 그 결과를 이미 보고된 종들과 비교하여 별늑대거미 망막세포의 형태적 특징을 규명하였다.

## 재료 및 방법

실험에 사용한 배회성 거미는 국내에서 가장 많이

서식하는 별늑대거미(*Pardosa astrigera*)로서 단국대학교 주변 들판에서 9~10월중 채집하여 성체를 암수 구별 없이 실험에 사용하였다.

광학현미경 및 투과 전자현미경 관찰을 위한 시료는 0.95% 생리식염용액에서 두흉부의 앞이마에 위치한 4쌍의 단안들을 적출하여 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde (4°C, pH 7.4)에 2시간 전고정한 후, 0.1 M phosphate buffer를 pH 7.4로 맞춘 완충용액을 10분 간격으로 3회 세척하여 1% osmium tetroxide에서 2시간 후고정하였다. 이를 다시 완충용액으로 2회 세척한 다음, ethanol 농도 상승 순서로 탈수하였으며, propylene oxide로 치환하여 Epon 혼합액에 포매한 다음, 진공 건조오븐에서 60°C에서 48시간 중합반응시켰다. 포매된 조직은 먼저 LKB-V형 ultramicrotome으로 1 µm 두께의 절편을 만들어 1% borax에 녹인 1% toluidine blue로 hot plate (60°C) 상에서 염색한 것을 광학현미경으로 관찰하였다. 이어서, LKB-V형 ultramicrotome으로 초박절편을 제작하여 JEM 100 CX-II형 전자현미경으로 80 kV에서 관찰하였다.

주사 전자현미경 관찰을 위한 시료는 해부현미경 하에서 절단된 두흉부를 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde (4°C, pH 7.4)와 1% osmium tetroxide로 각각 전, 후 고정하였고, ethanol 농도 상승순으로 탈수하였다. 이어서 isoamyl acetate로 치환한 뒤, CO<sub>2</sub> 임계점 건조기로 건조시킨 다음, Polaron Sputter Coater로 gold plasma를 피복하여 JEOL 840 A 주사 전자현미경으로 15 kV에서 관찰하였다.

## 결 과

별늑대거미는 단안은 두흉부의 앞이마(clypeus)를 따라 모두 3열로 위치하고 있었다. 가장 앞쪽 제1열에는 한 쌍의 전중안(anterior median eyes), 그 측면에 한 쌍의 전측안(anterior lateral eyes), 제2열에는 후중안(posterior median eyes) 그리고 제3열에는 후측안(posterior lateral eyes)이 관찰되었다(Plate 1-1). 각 단안의 구조는 공통적으로 각막(cornea), 렌즈(lens), 초자체(vitreous body), 망막(retina) 등 크게 4개의 층으로 구분되었다(Fig. 1; Plate 1-2, 3, 4, 5).

렌즈의 아래쪽에는 원주형의 세포로 이루어진 초

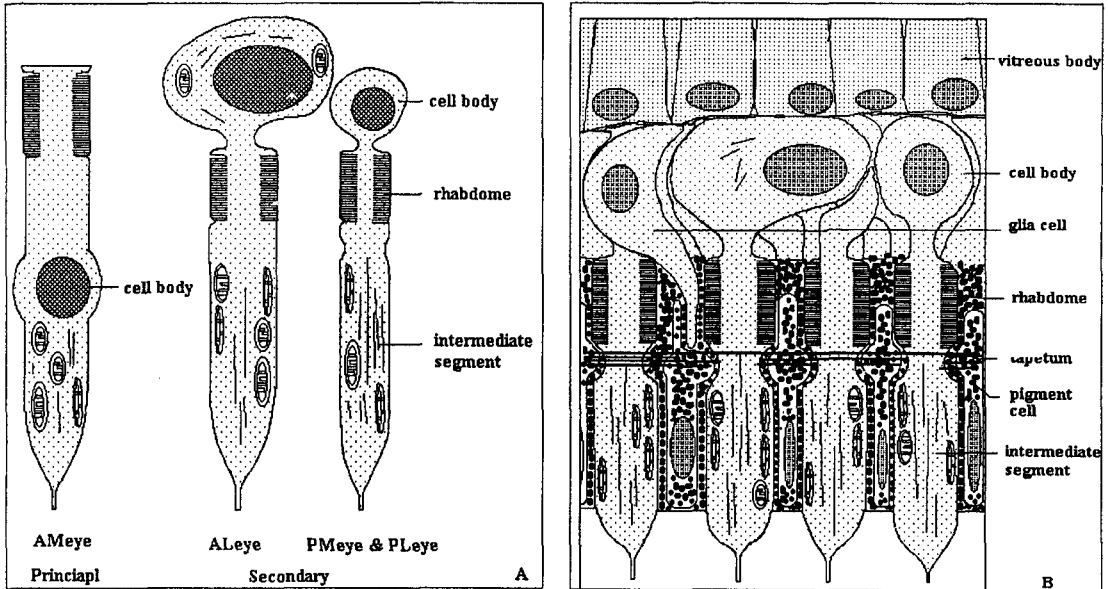


Fig. 1. Diagrams of retinal cells and retina in the spider eyes *Pardosa astrigera*.

A, The morphological difference of retinal cells in the principal and secondary retina, B, Organization of the cells in retina of secondary eye.

자체가 위치하고 있었다. 초자체를 이루는 세포의 핵은 난형이며, 기저부에 위치하고 있었고, 망막과 연결되어 있었다. 세포질의 전자밀도는 다른 세포들에 비해 비교적 낮았고, 세포 소기관의 발달은 미약하였다 (Fig. 1; Plate 1-2). 초자체 아래에 위치하는 망막에서는 세포체, 감간, intermediate segment로 이루어진 시세포가 존재함이 관찰되었다 (Fig. 1).

전중안 망막을 구성하는 시세포는 두 개의 신경돌기를 가진 전형적인 이극성 신경세포 (bipolar neuron) 이었으며, 나머지 눈인 전측안, 후중안, 후측안의 시세포는 단극성 신경세포 (unipolar neuron)로 확인되었다 (Fig. 1; Table 1).

단극성 신경은 감간의 상부에 세포체가 위치하고 있었으며, 그 아래에 감간이 분포하였다. 핵은 전자밀도가 비교적 낮았으며, 세포질의 체적에 비하여 큰 핵을 지니고 있었다 (Plate 1-3, 6). 이극성 신경은 세포체가 감간 아래쪽 부위에 위치하였고, 이질염색질이 부분적으로 산재된 원형의 핵과 핵 주변부에서는 조면소포체 및 원형질막을 따라 집중 분포된 미토콘드리아 등이 관찰되었다 (Plate 1-4).

Table 1. The characteristics of principal and secondary eyes in *Pardosa astrigera*

Eye type	Principal		Secondary	
	AMeye	ALeye	PMeye	PLeye
Neuron type	B	U	U	U
Rhabdom pattern	Ir	Ir	R	R
Location of cell body	UR	OR	OR	OR
Tapetum	-	+	+	+

B, bipolar neuron; U, unipolar neuron; Ir, irregular pattern; R, regular pattern; UR, cell body situated under the rhabdome; OR, cell body situated over the rhabdome; -, eye does not have the tapetum; +, eye has the tapetum

AMeye, anterior median eye; ALeye, anterior lateral eye; PMeye, posterior medianeye; PLeye, posterior lateral eye

감간은 시세포의 가장자리에 원형질막의 일부가 미세융모로 이루어진 감간체로 되어 있었으며, 미세융모는 감간체의 길이를 따라서 장축방향으로 연속되어 있었다 (Plate 1-5, 6). 후측안과 후중안 감간의 주변에는 긴 원형질 돌기를 뺀고 있는 색소세포가 형성되어 있었으며, 내부에는 전자밀도가 높은 직경이 평균 0.5 μm인 색소과립이 함유되어 있었고, 하나

**Table 2.** Mean eye parameters in *Pardosa astrigera*<sup>1</sup>

Component \ Eye	AMeye	ALeye	PLeye	PMeye
Cornea	1.04	1.9	2.6	2.5
Lens(biconvex)	73	73	167	173
(diameter)	33.3	30	290	210
Vitreous body	32.5	1.9	190	250
Rhabdome	5	9	60	40
Cell body	7.5	16	70	45
Intermediate seg.	30	25	110	90

<sup>1</sup>All measurements are in micrometers.  
AMeye, anterior median eye; ALeye, anterior lateral eye; PMeye, posterior median eye; PLeye, posterior lateral eye

의 감간 주위에 규칙적으로 색소세포 돌기가 분포하고 있었다(Plate 2-1, 2; Table 1).

전중안과 전측안 시세포의 감간은 주위에 전자밀도가 높은 교질세포(glia cell)와 색소세포에 의해 둘러싸여 있었으며, 감간체 내부에는 평균 직경이 0.4 μm인 multivesicular body가 다수 관찰되었고, 감간은 불규칙하게 분포하고 있었다(Plate 2-3, 4; Table 1).

반사층(tapetum)은 시세포의 감간과 intermediate segment사이에서 위치하는 불연속적인 구조로 확인되었는데, 전중안에서는 관찰되지 않았다(Plate 2-5). 모든 단안에서 관찰된 시세포의 말단부위인 intermediate segment는 주변에 색소세포 돌기와 전자밀도가 높은 교질세포 돌기가 함께 분포되어 있었으며, 미토콘드리아는 원형질막 주변의 세포질에 집적되어 있었고, 세포질 내부에는 조면소포체를 제외한 다른 소기관들은 관찰되지 않았다(Plate 2-6).

본 실험에서 관찰된 단안들은 전중안과 전측안이 그리고 후중안과 후측안의 크기가 각각 비슷하였으며(Table 2), 단안을 구성하는 각 조직학적 구성물의 크기는 각막이 4쌍의 눈에서 모두 비슷하였고, 렌즈, 세포체, 감간은 전중안과 전측안, 후중안과 후측안이 각각 비슷하였으며, 초자체는 후중안이 가장 크고 이어서, 후측안, 전중안, 전측안의 순으로 관찰되었다(Table 2).

## 고 찰

배회성 거미는 두흉부에 3열로 배열된 4쌍의 단안

을 지니고 있으며(Eakin & Brandenburger, 1971; Williams & McIntyre, 1980), 제1열에 전중안이 위치하며 2, 3열에 후중안 후측안이 분포되어 있다고 보고되었으며, 각 눈의 크기는 종마다 각각 다르다고 알려져 있다(Opell & Ware, 1987; Opell, 1988). 깡충거미과(Salticidae)에서 가장 큰 눈은 제1열에 위치하는 전중안으로 보고되었으며(Blest et al., 1980), 벌늑대거미 눈의 배열은 1열에 작은 크기의 전중안, 전측안이 위치하고 2열에 크기가 현저하게 큰 후중안, 3열에 후측안이 분포되어 있었다. 그러므로, 4쌍의 단안들 중 후중안과 후측안이 전중안과 전측안에 비해 현저하게 큰 형태는 늑대거미과의 공통적 특징임을 알 수 있다.

본 실험에서 관찰한 벌늑대거미의 눈도 8개의 단안으로 이루어져 있었으며, 조직학적 조성은 기본적으로 각막, 렌즈, 초자체, 그리고 망막 등으로 이루어져 있음이 확인되었는데, 같은 배회성 거미인 깡충거미과의 눈에서도 동일한 배열이 보고된 바 있다(Blest, 1978; Blest & Sigmund, 1985b). 또한 환형동물의 일부(Rhode, 1991), 곤충류(Goldsmith, 1962), 갑각류(Land, 1969), 조류(Snyder & Miller, 1978), 포유류(Schaeffer & Raviola, 1978; Stanka et al., 1981), 등에서도 유사한 배열을 지니고 있는 점으로 미루어 이러한 구조적 특징은 벌늑대거미의 시각기도 상을 형성하기에 필수적인 구조를 모두 지니고 있음을 알 수 있다.

거미들이 지니는 단안은 크게 주안(principal eye)과 부안(secondary eye)으로 나뉘며, 이들은 서로 발생기원이 다르다고 보고되었다(Homann, 1971). 주안은 두흉부가 3층으로 접혀서 비후되어 발생하며, 부안은 표면이 한번 함입됨으로 형성된다. 4쌍의 단안들은 두흉부에 존재하는 위치에 따라 전중안, 전측안, 후중안, 후측안으로 나눌 수 있는데, 이 중에서 주안은 망막을 구성하는 시세포의 세포체가 세포의 중간에 위치하며 감간이 앞쪽에 위치하고 있는 이극성 신경세포이고, 부안은 세포체가 감간의 앞쪽에 위치하는 단극성 신경세포라 한다. 따라서, 본 실험재료인 벌늑대거미의 전중안은 주안으로 그리고 나머지 전측안, 후중안, 후측안은 부안으로 확인되었다.

깡충거미과의 망막에서 미세용모를 형성하고 있는

감간은 주변에 교질세포와 색소세포로 둘러싸여 있음이 보고되었는데 (Blest & Land, 1977), 이들은 특이한 배열을 이루고 있다 (Eakin & Brandenburger, 1971; Blest & Sigmund, 1985a). 또한 종에 따라 감간의 배열이 다양한 규칙성을 나타낸다고 보고되었는데 (Blest et al., 1980; Blest & Sigmund, 1984), 본 실험에서 관찰한 별늑대거미의 전중안과 전측안에서는 교질세포의 세포질돌기가 변형된 교질필라멘트가 감간 주위에 불규칙하게 배열되어 있었고, 후중안과 후측안에서는 감간 주위를 교질세포돌기가 둘러싸고 있었으며, 각각 4개와 6개의 색소세포돌기가 둘러싸는 독특한 배열을 이루고 있었는데, 이러한 배열 형태들은 늑대거미과의 공통적인 특징일 것으로 추측되나, 여기에 대해서는 앞으로 계속적인 검토가 필요한 것으로 사료된다.

깡충거미과의 부안에서 보고되었던 (Eakin & Brandenburger, 1971), 반사층은 별늑대거미의 주안인 전중안을 제외한 부안에서도 관찰되었다. 그러므로, 이 구조는 배회성 거미의 부안이 지니고 있는 공통적인 특징으로 생각된다. 또한, 반사층은 단극성 신경세포의 감간아래에 위치하며 (Forster, 1982), 망막을 들어온 빛의 일부를 흡수 또는 반사하여 앞쪽에 위치한 감간으로 다시 보내는 역할을 하는 것으로 미루어 (Land, 1972), 감간이 세포체 뒤쪽에 있는 단극성 신경세포에서 필요한 구조이며, 빛을 직접 인식할 수 있도록 감간이 앞쪽에 위치한 이극성 신경세포에서는 존재하지 않는 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- Blest AD: The rapid synthesis and destruction of photoreceptor membrane by a dinopid spider: a daily cycle. Proc R Soc Lond 200 : 463-483, 1978.
- Blest AD, Land MF: The physiological optics of *Dinopis subrufus* L. Koch: a fish-lens in a spider. Proc R Soc Lond 196 : 197-222, 1977.
- Blest AD, Price GD: Retinal mosaics of the principal eyes of some jumping spiders (Salticidae: Araneae): Adaptations for high visual acuity. Protoplasma 120 : 172-184, 1984.
- Blest AD, Sigmund C: Retinal mosaics of the principal eyes of two primitive jumping spiders, *Yaginumanis* and *Lysomanes*: clues to the evolution of Salticid vision. Proc R Soc Lond 221 : 111-125, 1984.
- Blest AD, Sigmund C: Retinal mosaics of a primitive jumping spider, *Spartaeus* (Salticidae: Araneae): A transition between principal retinas serving low and high spatial acuities. Protoplasma 125 : 129-139, 1985a.
- Blest AD, Sigmund C: The cytoskeletal architecture of interdigitated microvilli in the photoreceptors of some nocturnal spiders. Protoplasma 125 : 153-161, 1985b.
- Blest AD, Williams DS, Kao L: The posterior median eyes of the dinopid spider *Menneus*. Cell Tiss Res 211 : 391-403, 1980.
- Eakin RM: Continuity and diversity in photoreceptors. In: Westfall JA, ed, *Visual Cells in Evolution*, pp. 91-105, Raven Press, New York, 1982.
- Eakin RM, Brandenburger JL: Fine structure of the eyes of jumping spiders. J Ultrastruct Res 37 : 618-663, 1971.
- Eberhard WG: Aggressive chemical mimicry by a bolas spider. Science 198 : 1173-1175, 1977.
- Eckert R, Randall D: *Animal Physiology*. pp. 177-218, WH Freeman & Co, 1988.
- Forster L: Vision and prey-catching strategies in jumping spiders. Amer Sci 70 : 165-175, 1982.
- Goldsmith TH: Fine structure of the retinulae in the compound eye of the honeybee. J Cell Biol 14 : 489-494, 1962.
- Homann H: Die Augen der Araneae: Anatomie, Ontogenie und Bedeutung für die Systematik (Chelicerata, Arachnida). Z Morphol Tiere 69 : 201-272, 1971.
- Jackson RR: Courtship versatility in the jumping spider, *Phidippus Johnsoni* (Araneae: Salticidae). Anim Behav 25 : 953-957, 1977.
- Jeong MJ, Moon MJ: Study on the fine structure of retina of anterior lateral eyes in *Pardosa astrigera* L. Koch. (Aranea: Lycosidae). Korean J Electron Microscopy 24(3) : 1-9, 1993. (Korean)
- Jeong MJ, Moon MJ: Fine structure of the posterior median eyes in the wolf spider, *Pardosa astrigera* (Araneae: Lycosidae). Korean J Entomology 27(3) : 193-201, 1997.
- Land MF: The physics and biology of animal reflectors. Prog Biophys Mol Biol 24 : 75-106, 1972.
- Moffett MW: All eyes on jumping spiders. Nat Geo Graph 180 : 42-63, 1991.
- Opell BD: Ocular changes accompanying eye loss in the spider family Uloboridae. J Morphol 196 : 119-126, 1988.

- Opell BD, Ware AD: Changes in visual fields associated with web reduction in the spider family Uloboridae. *J Morphol* 192: 87-100, 1987.
- Schaeffer SF, Raviola E: Membrane recycling in the cone cell endings of the turtle retina. *J Cell Biol* 79: 802-825, 1978.
- Stanka P, Rathjen P, Sahlmann B: Evidence of membrane transformation during melanogenesis. Electron microscopic study on the retinal pigment epithelium of chick embryos. *Cell Tissue Res* 214: 343-353, 1981.
- Snyder AW, Miller WH: Telephoto lens system of falconiform eyes. *Nature* 275: 127-129, 1978.
- William GE: Aggressive Chemical Mimicry by a Bolas Spider. *Science* 198: 1173-1174, 1977.
- Williams DS, McIntyre P: The principal eyes of a jumping spider have a telephoto component. *Nature* 288: 578-580, 1980.

#### < 국문초록 >

배회성거미인 별늑대거미의 4쌍의 단안은 앞이마 부

분 1열에 전중안, 전측안, 2열에 후중안, 그리고 두홍부의 3열에는 후측안이 각각 1쌍씩 위치하고 있었다. 전중안의 망막을 구성하는 시세포는 두 개의 신경돌기를 가진 전형적인 이극성 신경세포였으며, 나머지 단안인 전측안, 후중안, 후측안은 단극성 신경세포임이 확인되었다.

후중안과 후측안의 감간은 시세포 원형질막의 일부가 미세융모로 변형된 감간체로 되어 있었으며, 망막을 구성하는 시세포들은 하나의 감간 주위에 규칙적으로 색소세포 돌기가 분포하고 있었으나, 전중안과 전측안의 망막내에는 불규칙적으로 시세포와 색소세포들이 분포하고 있었다. 반사층은 시세포의 감간과 intermediate segment 사이에서 위치하는 불연속적인 구조이며, 주안인 전중안을 제외한 나머지 눈에서 관찰되었다. 전중안과 전측안이 그리고 후중안과 후측안의 크기가 각각 비슷하였으며, 단안을 구성하는 각 구성물의 크기는 각막이 4쌍의 눈에서 모두 비슷하였고, 렌즈, 세포체, 감간은 전중안과 전측안, 후중안과 후측안이 각각 비슷하였으며, 초자체는 후중안이 가장 크고 이어서, 후측안, 전중안, 전측안의 순으로 관찰되었다.

## FIGURE LEGENDS

### Plate 1

1. Scanning electron micrograph of *Pardosa astrigera*. The large pair of eyes were the posterior median eyes (asterisks), beneath these were the anterior median pair (arrow), and the anterior lateral eyes (arrow heads) were situated at the two lateral-ventrally directed protruberances beneath the posterior median eyes. Closed circles indicate posterior lateral eyes. Scale bar indicates 0.5 mm.
2. Vitreous body comprised simple column cells and nucleus (N) was situated in the proximal part of the cell. The cytoplasm was low electron dense and organelles were rarely. Scale bar indicates 4  $\mu\text{m}$ .
3. Upper region of visual cell is cell body that has oval shape nucleus (N) and the cytoplasm has many small vesicles (arrows). Scale bar indicates 4  $\mu\text{m}$ .
4. In the anterior median eye, nucleus (N) of cell body was found at the level of the middle portion of visual cell. Small vesicles (arrows) were common in the cytoplasm. Scale bar indicates 3  $\mu\text{m}$ .
5. Middle region of visual cell was rhabdome (RH) which consist of numerous microvilli one direction processes. Pigment glia cells had many pigment granule (arrows) among the visual cells. Scale bar indicates 2  $\mu\text{m}$ .
6. Magnification of microvilli (MV) process was located each side of the visual cell. Scale bar indicates 0.25  $\mu\text{m}$ .

### Plate 2

1. Part of rhabdome (RH) showed that arranged in posterior lateral eye of *Pardosa astrigera*. "Starfish" shape in posterior lateral eye formed by six triangular process of pigment cell (PC) containing pigment granules and two rhabdomeres arranged by 1~6 rhabdome. Scale bar indicates 3  $\mu\text{m}$ .
2. A rhabdome consists of two rhabdomeres (arrows). These rhabdomeres takes microvilli structure which is photo sensitive part of visual cell. This structure appears regular pattern in retina. Scale bar indicates 4  $\mu\text{m}$ .
3. Rhabdome (RH) were irregular in retina and rhabdomere (Rh) was closely contacted the other in anterior median eye. Rhabdome part were contained a lot of small vesicles. PC, pigment cells. Scale bar indicates 2.5  $\mu\text{m}$ .
4. The microvilli and contents of the visual cell resembled these in posterior median eye. Rhabdomes (RH) were irregular pattern in retina and electron dense pigment granules scattered between the rhabdomes. Glia cell situated at the cell body of visual cell and glia cell process reached to rhabdomere portion. Scale bar indicates 3  $\mu\text{m}$ .
5. In secondary eyes, incontinous tapetum (T, arrows) situated between the rhabdome and intermediate segment (IS). Scale bar indicates 1.5  $\mu\text{m}$ .
6. In the distal end of the visual cell, intermediate segment (IS) was additionally situated in close association with glia cell process. Mitochondria (arrows) were lined up in a row along the inner side of the plasma membrane. Scale bar indicates 3  $\mu\text{m}$ .

